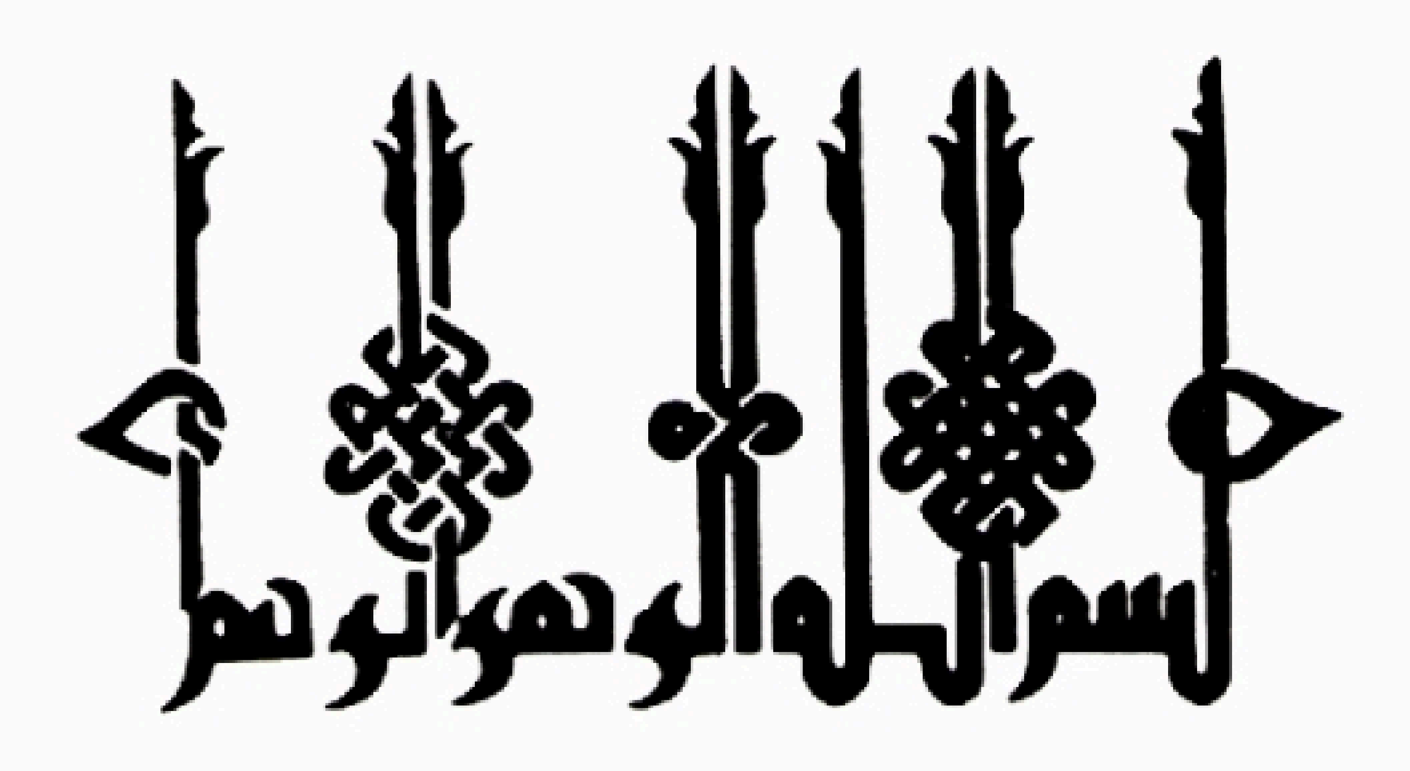

بسم الله الرحمن الرحيم

إدارة المشاريع الهندسية

كتب عربية وايلي في الهندسة

أحمد/الكاتب : أسس الالكترونيات

الجارالله/نوارة : إدارة المشاريع الهندسية

حمـد : الاقتصاد الهندسي ، الطبعة الثانية

حانسن : أسس الري وعملياته ، الطبعة الرابعة

الدخاخني : مقاومة المواد

شواب : المبادىء الأولية في هندسة الأراضي والمياه ، الطبعة الثانية

غولد هابر : النظم الإدارية لهندسة التشييد

فان وايلن : أسس الديناميكا الحرارية الكلاسيكية ، الطبعة الثانية SI

مريام : الميكانيكا الهندسية ، الجزء الأول ، الاستاتيكا ، الطبعة SI

مريام : الميكانيكا الهندسية ، الجزء الثاني ، الديناميكا ، الطبعة SI

وست : تحليل الإنشاءات

إدارة المشاريع الهندسية

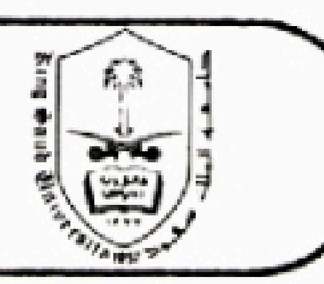
الدكتور محمد ابراهيم الجار الله

أستاذ مشارك ـ قسم الهندسة المدنية
ومدير عام المشاريع
جامعة الملك سعود ـ الرياض

الدكتور جمال محمد نوارة

أستاذ ـ قسم الهندسة الميكانيكية
جامعة الملك سعود ـ الرياض

الناشـــر



جامعة الملك سعود ـ ص . ب ٢٤٥٤ ـ الريـاض
١١٤٥١ ـ المملكة العربية السعودية

جون وايلي وأولاده

نيو يورك شيشستر بريسبن تورنتو سنغافورة

Library of Congress Cataloging in Publication Data

Jār Allah, Muḥammad Ibrāhīm.
Idārat al-mashārī' al-handasīyah.

Includes index.
1. Industrial project management. I. Nawārah,
Jamāl Muḥammad. II. Title.
HD69.P75J37 1984 83-10419
ISBN 0-471-88816-8

Printed in Malta

Project Management
by M. Al-Jarallah and G. Nawara

ISBN 0-471-88816-8 (Paper) ISBN 0-471-81189-0 (Cloth)
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمـــة

تفتقر المكتبة العربية إلى الكتاب الجيد الحديث في جميع فروع العلم والتكنولوجيا وبخاصة في ميدان العلون الهندسية . وايماناً منا بواجب كل عربي قادر على المساهمة في سد العجز القائم في هذا المجال فقد قمنا بإعداد هذا الكتاب لوضعه بين يدي القارىء العربي ليكون بمثابة إسهام متواضع منا بذلك الواجب .

ولقد حاولنا اختيار مواضيع الكتاب لتحقيق عدد من الأهداف الهامة التي من بينها : ١) تمكين القارىء من استيعاب قدر معقول من علم إدارة المشاريع الهندسية بلغته العربية . ٢) جمع أهم المواضيع التي يحتاج إلى معرفتها المهندسون ومديرو الأعمال الهندسية المختلفة مثل الإدارة والبرمجة والتحكم الإداري والفني بطرقها المختلفة والتوزيع المنطقي للاحتياجات ، ونقل المعلومات والرقابة على المشروع والعقود الهندسية والأنظمة واللوائح التي تحكم مهنة الهندسة وصناعة التشييد وتنفيذ المشاريع الهندسية ، كل ذلك في كتاب واحد . ٣) محاولة عدم الإفراط أو التفريط في معالجة هذا الموضوع أو ذاك بحيث يحصل القارىء على الجرعة المناسبة دون إسهاب ممل أو إيجاز مقل .

ونظراً للتطور الهائل الذي تعيشه المملكة العربية السعودية والخليج العربي في صناعة التشييد كماً وكيفاً فقد رأينا كتابة باب خاص بتنظيم مهنتي الهندسة والمقاولات في المملكة العربية السعودية .

ويتقدم المؤلفان بالشكر والعرفان لكل من ساعد في عملية إخراج هذا الكتاب ويقدران الخدمات المقدمة من مركز البحوث الهندسية بجامعة الملك سعود وإننا إذ نرحب بالنقد والتعليق الهادفين من الإخوة الزملاء في المهنة لنرجو الله تعالى أن ينفع بهذا العمل فهو الموفق والهادي سواء السبيل .

المؤلفـــان

المحتويات

الباب الأول

مقدمة عامة

يختلف قطاع البناء والتشييد بسبب طبيعته الخاصة عن بقية القطاعات الأخرى من صناعية وتجارية وغيرها . ومع ذلك فان اتباع مبادىء الإدارة الحكيمة الواعية أمر لا تستغني عنه إدارة المشاريع الهندسية شأنها في ذلك شأن القطاعات الأخرى . وفي هذا المجال يجب أن تمارس إدارة المشاريع الهندسية واجباتها في إطار الأخلاق الحميدة من أمانة وصدق ونحو ذلك .

كما يجب أن تكون فعالة في إدارتها وإنتاجيتها وأن تتبع سياسة حكيمة في جميع أمورها ويجب أن يكون مثلاً شراء المواد في تعقل واتزان وأن يتم انتاج الأعمال وبنائها بطريقة اقتصادية تضمن تحقيق الأرباح .

إن صناعة التشييد مكونة إلى حد كبير من مجموعة من المتناقضات والشواذ فهي ضخمة في حجمها ومع ذلك فهي تنمو باستمرار . ويصل عدد العاملين في قطاع التشييد في كثير من الدول النامية إلى ٥٠٪ من إجمالي القوة العاملة في البلاد . ويعمل في الولايات المتحدة الأمريكية في قطاع التشييد نسبة تمثل حوالي ١٥٪ من مجموع اليد العاملة في البلاد . ويمثل هذا القطاع أكبر مستهلك للفولاذ والألمنيوم والنحاس والأسمنت والمطاط والخشب والطوب ومواد البناء الأخرى والمحروقات والطاقة الكهربائية ، كما أن عدداً كبيراً من الصناعات الأخرى يعتمد عليها ولا يستطيع الاستغناء عنها . وهكذا فان قطاع التشييد في حد ذاته لا يعتبر صناعة في الواقع بل مهنة خدمات .

وأهم من ذلك فالتشييد مهنة للتعامل مع الأفراد ومن هنا كان على إدارة المشاريع أن تهتم بالدرجة الأولى في كيفية التعامل والتفاهم مع الناس بل وقيادتهم . ويجب أن تستجلب الإدارة وتدرب عدداً من العاملين المخلصين المتفانين في خدمتها من ذوي الكفاءة العالية .

كما يجب عليها أيضاً أن تدرب هؤلاء العاملين على اتخاذ القرارات وتشجيعهم على صنعها بصورة مستقلة خصوصاً في موقع العمل حيث لا مكان للتردد . فعلى مدير المشروع المقيم ومهندسيه كل في اختصاصه أن يعالجوا المواقف بحكمة وتكون لديهم القدرة على التفكير السريع وتبنّي الفكرة الكفيلة بالحل ومن ثم تنفيذها فوراً .

كما أن على مدير المشروع أن يتعامل بصورة دائمة ليس فقط مع مهندسيه ومهندسي الأطراف الأخرى بل أيضاً مع المقاولين من الباطن ورؤساء العمال ومتعهدي المواد وشركات الآليات ومع غيرها من الأجهزة الحكومية والخاصة .

إن قطاع التشييد يكبر مع الزمن دون شك وينمو بنمو السكان أو أكثر ومع كبر حجم المشاريع الهندسية وازدياد تعقيدها فإن عليه أن يكون مواكباً لكل ذلك وقادراً على حل المشاكل الناجمة عن تداخل وتنوع تلك المشاريع .

وهكذا فان المقاول الصغير الذي يجيد المبادىء الأساسية لإدارة المشاريع يستطيع أن ينافس الآخرين على قدم المساواة مما يدر عليه أرباحاً قد تكون أكبر من التي يحصل عليها زميله المقاول الكبير وذلك بسبب قلة المصاريف غير المباشرة وإمكانية المراقبة والإشراف الشخصي .

ومع ذلك فعلى المقاول الصغير أن يكون حذراً وفي نفس الوقت مستعداً للمخاطرة بدرجة أكبر من المقاول الكبير حيث يمكن لمشروع واحد أن يكون سبباً في نهاية المقاول الصغير .

تتطلب مهنة المقاول في المشاريع الهندسية الحركة الدائمة والقدرة على التأقلم ، فلكل مشروع ظروفه وحيثياته التي تجعل منه فذا لا يماثله أي مشروع آخر . والمقاول يجاهد ويكافح بصورة دائمة ـ خلافاً للصناعات الأخرى ـ لإنهاء المشروع والخروج منه . فهو ينتقل بكل آلياته وقواه البشرية ويقيم معسكراته ومصنعه ويبدأ في تنفيذ المشروع .

ويعتمد نجاح المقاول في إنهاء عمله في الوقت المحدد وبصورة مربحة على قدرته على التخطيط والإدارة والتنفيذ . وبعد انتهاء العمل في المشروع ينقل الآليات والقوى العاملة والمصنع إلى مكان آخر ويبدأ في تنفيذ مشروع جديد . وهكذا فان مهنة المقاول تملي عليه أن يكون مستعداً للتحرك الدائم سواءاً كان كبيراً أو صغيراً وسواءاً كان ينفذ مشروعاً واحداً أو ٥٠ مشروعاً في نفس الوقت . ومع كل مشروع تجابه المقاول سلسلة جديدة من المشاكل الجديدة وعليه أن يكون قادراً على حلها بسرعة وحكمة .

١ - ١ دراسة الجدوى من المشروع

يوجد عادة لدى صاحب العمل سواءاً كان ذلك القطاع العام أو الخاص قائمة من المشاريع التي تبدو مفيدة لأول وهلة ولكي يتمكن صاحب العمل من ترشيد توظيف أمواله وتوجيهها إلى المجالات الأكثر ربحاً فإن عليه ايجاد نوع من التفاضل بين تلك المشاريع . وهكذا فإنه يتوجب عليه دراسة كل من تلك المشاريع الموجودة على القائمة وعادة ما يتم ذلك بتكليف شركة استشارية لها خبرة في هذا المجال بإعداد دراسة تقويمية شاملة . وتسمى هذه الدراسة « دراسة جدوى المشروع » . وتعتمد فرصة المضي قدماً في تنفيذ المشروع وخروجه إلى حيز الوجود على نتائج تلك الدراسة . فليس من المعقول توظيف الأموال عشوائياً بل حسب أهمية المشاريع وأولويتها . وإلى جانب العوامل غير المنظورة والسياسية وغيرها مما يصعِّب تقويمه تقويماً دقيقاً ، فهناك ثلاثة جوانب لدراسة جدوى أي مشروع هندسي .

أولاً : الجدوى الفنية

وفي هذا الجانب يقوم الخبراء والمهندسون بدراسة إمكانية إقامة المشروع من الناحية الفنية وذلك

بناءاً على ظروف الموقع والمناخ والتضاريس وطبيعة المشروع وحالة التربة وغيرها من المعطيات الهامة . ومن ثم يقومون بتحديد الموقع الملائم والطريقة المثلى لبناء المشروع من الناحية الفنية ، ويدعمون أراءهم بالأرقام والحقائق والخرائط الهندسية التي توضح الطريقة التي اتُبِعَت في إجراء الدراسة والنتيجة التي انتهت إليها والأسباب التي أدت إلى ذلك الاستنتاج . ففي تحديد الجدوى الفنية لبناء مطار ما مثلاً ، على المهندسين دراسة حجم ونوع وحركة الطائرات التي يتوقع أن تستخدم المطار محسوبة لسنة التصميم (ولكل مشروع هندسي عمر معين يؤخَذ في الاعتبار عند التصميم) ، وكذا عليهم تحديد نسبة كل نوع من الطائرات المتوقع استخدامها للمطار الجديد ، وكذا درجات الحرارة على مدار السنة ، ومدى الرحلات الجوية التي ستبدأ من أو تنتهي بالمطار ، والوزن الأقصى للهبوط والإقلاع لجميع أنواع الطائرات التي سوف تستخدم المطار ، وارتفاع الموقع المقترح عن مستوى سطح البحر ، وسرعة واتجاه الرياح السائدة . وبناءاً على تلك الدراسات يحدد المهندسون مدى ملائمة الموقع المقترح ونوع المطار وطول المدرجات الإنشائية الأخرى . وتتوج جهود المهندسين والخبراء بإعداد تقرير شامل مدعم بالجداول والمعلومات والخرائط التي توضح نتائج هذه الدراسات .

ثانياً : الجدوى المالية

ليس من الحكمة ولا من المعقول بذل أي جهد أو حتى التفكير في مشروع ليس له مصدر لتمويله . ومن هنا كانت دراسة الجدوى المالية هامة . فإن كان المشروع من مشاريع الحكومة فيجب أن يكون لدى الحكومة المال الكافي المعتمد في ميزانيتها لبناء المشروع أو أن يكون في استطاعتها توفير ذلك المال بالاستدانة أو طلب المعونة من الدول الصديقة أو بالاستدانة من القطاع الخاص .

وتنقسم تكلفة أي مشروع في العادة إلى شقين أحدهما يمول بالعملة الأجنبية مثل المواد والخدمات التي يجب استيرادها من الخارج والآخر بالعملة المحلية ويغطي هذا القسم الأخير ما يتم شراؤه أو تأمينه من مواد وخدمات من السوق المحلية .

وتختلف نسبة الشقين في إجمالي تكلفة المشروع من مشروع لآخر ومن بلد لآخر . وخلاصة القول أنه يجب أن تكون هناك خطة سليمة وأكيدة لتمويل كافة نفقات المشروع من بدايته إلى نهايته . أما مشاريع القطاع الخاص فهي وإن كانت أقل تعقيداً في علاقتها المالية حيث لا دخل للعلاقات الدولية فيها ، فان التمويل وخطته يعتبران ضروريان لتحقيق بناء المشروع .

ثالثاً : الجدوى الإقتصادية

يقوم الخبراء بدراسة التكاليف والفوائد الناجمة عن المشروع وتتم هذه الدراسة عادة بمقارنة عدة بدائل يكون أحدها عادة ما يسمى بالبديل الخامل وهو الوضع القائم قبل بناء المشروع وتحسب

تكاليف كل حل وكذا الفوائد المتوقعة من ذلك البديل . ويتم مقارنة البدائل بإحدى الطرق المعروفة وهي : -

(أ) التكلفة السنوية

وفي هذه الطريقة يقارن ما يخص تلك السنة من النفقات الاجمالية التي يلزم دفعها لو نفذ ذلك البديل مطروحاً منه فوائد وعوائد وأرباح تلك السنة . ويحسب ذلك عادة كمعدل سنوي ثم تقارن الحلول ويختار أقلها تكلفة سنوية حسب المعدل .

(ب) القيمة الحالية للتكلفة أو القيمة الحالية للفوائد والعائدات مطروحاً منه التكاليف

وفي هذه الطريقة تحسب جميع نفقات الإنشاء والتشغيل والصيانة لجميع سنوات عمر المشروع بسعر الوقت الحالي أي السعر السائد وقت الدراسة وتحسب الفوائد للسنوات نفسها حسب قيمتها الحالية ويطرح المبلغان من بعضهما وتفاضل البدائل على هذا الأساس .

(ج) طريقة معدل العائد الإقتصادي على المال الموظف

وفي هذه الطريقة يتم حساب النسبة المئوية لربح توظيف الأموال والذي يجعل اجمالي مبالغ الإنشاء والتشغيل والصيانة مساوية لاجمالي العائدات والفوائد .

(د) طريقة نسبة الأرباح إلى الخسائر

وفي هذه الطريقة تحسب الأرباح والعائدات والفوائد من تنفيذ المشروع على مدى عمره المحدد وتحسب المبالغ المقابلة والناجمة عن الإنشاء والتشغيل والصيانة ثم يقسم الرقمان على بعضهما وتستخرج النسبة التي يجب أن تكون أكثر من الواحد الصحيح حتى يكون المشروع مربحاً .

وتعتبر طريقة معدل العائد الاقتصادي على المال الموظف هي أكثر الطرق السابقة استعمالاً وأفضلها وأكثرها دقة . ومهما تكن الطريقة المستخدمة فإن الجدوى الاقتصادية من المشروع المقترح تحددها مقارنة البدائل المتوفرة للخبراء الذين يقومون بايضاح ذلك في تقريرهم السالف الذكر وكذا الطريقة المستخدمة في حسابه والنتائج التي توصلوا اليها تبعاً لذلك .

وفي الغالب فان جدوى المشروع كما وضحت من الجوانب الثلاثة السابقة تمكن صاحب العمل من وضع المشروع في المكان الملائم في قائمة أولوياته آخذاً بعين الاعتبار تلك العوامل السياسية والاجتماعية وحتى الاقتصادية غير المنظورة أو التي لا يمكن تقييمها بالمال.

واذا كانت نتائج دراسة الجدوى ايجابية فإن صاحب العمل عادة يمضي قدماً في طريق بناء المشروع وذلك بتكليف إحدى الشركات الاستشارية بإعداد التصاميم الهندسية والخرائط ووثائق العقد بما فيها المواصفات وجدول الكميات وغيرها ومن ثم اختيار المقاول وتنفيذ المشروع . وان جاءت نتائج الجدوى سلبية صَرَفَ النظر عنه .

١ - ٢ أنواع المشاريع الهندسية

تختلف المشاريع الهندسية عن بعضها البعض من حيث طبيعتها ونوعيتها من جهة ومن حيث حجمها من جهة أخرى . وبالتالي يتم تصنيف المقاولين العاملين في قطاع التشييد تبعاً لذلك . وهناك نقاط للالتقاء وأخرى للاختلاف بين مختلف أنواع ومستويات المشاريع الهندسية . ويمكن تقسيم المشاريع الهندسية من حيث نوعيتها إلى أربعة أقسام رئيسية :

(أ) المشاريع الضخمة أو الثقيلة وتشمل الفروع التالية

- السدود والقنوات وتوليد الطاقة من مساقط المياه .
- الطرق وسكك الحديد .
- الأنفاق ومسارات قطارات المواصلات تحت الأرض .
- الجسور والكباري .
- الموانىء الصناعية العائمة وحفر القنوات البحرية وتعميق الموانىء وبناء كواسر الأمواج وما في مستواها .
- المطارات .
- خطوط أنابيب المياه الرئيسية ومحطات الضخ .
- محطات تنقية المياه ومحطات تنقية المجاري وشبكات المياه وشبكات المجاري وغير ذلك من مشاريع مكافحة تلوث البيئة .
- المفاعلات الذرية ومحطات إطلاق الصواريخ والتحكم فيها وغير ذلك من المنشآت العسكرية .

(ب) مشاريع الطاقة

يشترك في تشييد هذا القسم عادة مقاولو المشاريع الضخمة مع مقاولي الكهرباء. ويتكون من فرعين رئيسيين:

(١) محطات توليد الطاقة ويشمل ذلك تلك التي تستخدم مساقط المياه ، والمحطات الحرارية البخارية سواء باستخدام الفحم أو البترول كوقود ، وأخيراً المحطات النووية لتوليد الطاقة .

(٢) مشاريع نقل الطاقة وتوزيعها ويشمل ذلك شبكات الضغط العالي وشبكات الضغط المنخفض كما يشمل المحطات الفرعية والمحولات والقسامات والخزانات والقاطعات وغيرها من الوحدات المساعدة .

(ج) مشاريع المباني

وهذه بدورها تختلف حجماً ونوعاً باختلاف الغرض الذي سوف تنشأ من أجله وينقسم هذا الفرع إلى الأقسام الآتية :

المباني البلدية . متعددة الأدوار ، مثل مباني مكاتب الشركات والمؤسسات والفنادق والشقق والإنشاءات المستخدمة لأغراض الفضاء .
المباني الصناعية . بصرف النظر عن نوع الصناعة ذات الشأن .
المباني التجارية . مثل الأسواق المركزية والمحلات التجارية متعددة الأغراض « Supermarket » ومشاريع الترفيه والتسلية وفروع البنوك وغيرها .
مباني الخدمات . مثل المستشفيات والمدارس ومكاتب البريد .
مباني الإسكان . ويشمل ذلك الوحدات المنفصلة والمجمعات السكنية ومتعددة الوحدات وغيرها

(د) المشاريع الصناعية ويشمل ذلك جميع الأنواع التالية

- مصانع الحديد والصلب وأفران الفولاذ .
- مصانع السيارات والطائرات وغيرها من الآليات المتحركة .
- مصانع الأدوات المنزلية كالثلاجات والغسالات وغيرها .
- مصانع الأثاث المنزلي والمكتبي .
- الصناعات الكيميائية .
- صناعة النفط ومشتقاته .
- صناعة البتروكياويات .
- صناعة الأدوات الميكانيكية الصغيرة .
- الصناعات البحرية بما في ذلك صناعة السفن .
- صناعة الالكترونيات .
- الصناعات الكهروميكانيكية .
- صناعة الأدوات والآليات العملية والأدوات الطبية .

وتجدر الإشارة إلى أنه ليس المقصود بقوائم الأقسام المختلفة أن تكون شاملة بل المقصود ايضاح نوعية وحجم كل مجموعة تدخل ضمن القسم المعني . ولذا فهناك أنواع أخرى من المشاريع الهندسية لم يرد ذكرها أعلاه ولكنها تدخل ضمن أحد الأقسام الأربعة أو فرعاً من فروعها .

١ - ٣ إدارة المشاريع من جهة نظر المقاول

إن مبادىء الإدارة الهندسية والتي سيتم مناقشتها والتحدث عن أصولها في هذا الباب يقصد بها الجانب التنفيذي وهو المقاول وذلك لسببين رئيسيين أولهما أن المقاول هو المعني بتنفيذ المشروع الهندسي والذي سيبقى تحت مسئوليته بطريقة مباشرة أو غير مباشرة حتى بعد استلامه واستعماله من قبل المالك . وهذه المسئولية لا علاقة لها بما يتولاه المهندس المشرف من مسئولية أو تلك التي يتولاها مهندسو المالك وكبار مساعديه بأنفسهم .

والسبب الثاني هو أن المقاول يتخذ من تنفيذ المشاريع الهندسية مهنة له ولذا فلابد له من إجادة مهنته وإتقان أسرار نجاحها ومحاولة تجنب مواطن الخطر فيها ما أمكن . تتطلب الإدارة الحكيمة الخبرة من جهة وتلك الخبرة تكلف الكثير من العناء قبل تعلمها وتتطلب الحذر والانتباه الدائمين من القائمين عليها من جهة أخرى وذلك باستخدام كل ما أوتوا من ذكاء وفطنة لوزن الأمور واختيار ما هو أكثر فائدة وأقل خطراً . كما أن من واجبات القادة في إدارة المشاريع حسن اختيار المهندسين والعاملين وتدريبهم لبناء تنظيم إداري وفني قوي ومخلص ، فلم ولن يحدث أن ينجح شخص ما في هذه المهنة بمفرده . ويدخل ضمن واجبات الإدارة إقامة علاقة طيبة مع كل من المهندس المشرف ومع المالك . ولابد أن تكون هذه العلاقة مبنية على الثقة والاحترام المتبادلين ومتى تم ايجاد الثقة ثم حل كثير من المشاكل بالتفاهم والتعاون لا بالمجابهة والخصومة وليذكر المقاول دوماً أنه من الفائدة والحكمة له أن يحل خلافاته ومشاكله مع المالك بالتفاهم والاتفاق لا بالخصام واللجوء إلى التحكيم الذي يكلفه ليس فقط الكثير من الجهد والوقت والمال بل يؤثر على سمعته ومستقبل علاقته مع المالك الحالي ومع من سيتعامل معهم في المستقبل . وهناك قول مشهور في هذا الصدد يردده المقاولون دائماً يحسن الاستشهاد به هنا وهو « بقاء الأبواب مفتوحة وخطوط الاتصال قائمة أقل تكلفة من إغلاقها » . وقد يظن بعض المقاولين أن حاجتهم إلى إقامة علاقة وثيقة مع المالك تنتهي عند توقيع العقد وهذا عين الخطأ . فعلى كبار المسئولين البقاء على اتصال دائم مع المالك وكبار مساعديه . يجب أن يطمئن المالك بطبيعة الحال إلى أن مشروعه يستحوذ على اهتمام المقاول ويحظى بعنايته . ومن واجبات الإدارة توفير السيولة النقدية بأكبر قدر ممكن للصرف منها على المصروفات غير المنظورة والوقوف خلف تعهدات المقاول في حالة الخسارة في أحد المشاريع وحتى يكون قادراً على إبقاء سجله المالي نظيفاً مع بنوكه وعملائه . وإلى جانب ما تقدم فان السيولة النقدية تساعد على الصرف على الأعمال التي لم تدفع تكلفتها بعد حيث يلزم إكمال جزء من العمل والحصول على شهادة الاستشاري بإكماله قبل إرسال المستخلصات المالية « Disbursement Application » إلى المالك الذي يمضي عدة أيام قد تصل إلى شهر أو أكثر في دراستها وتدقيقها قبل دفعها .

كما أن وجود أموال المقاول بشكل سائل يوفر المرونة اللازمة لدفع تكاليف التأمين وتكاليف الضمانات والأغراض الطارئة غير المتوقعة . لذا على المقاول أن يبقي أكبر قدر ممكن من أمواله في حالة سائلة حرة .

وعلى إدارة المشروع أن تتأكد من دقة أعمال المحاسبة وصحة الأرقام والحسابات . كما أن عليها الاحتفاظ بمبالغ احتياطية يسحب منها عند الضرورة القصوى فقط . وعندما يكون المقاول قادراً على تنفيذ المشاريع الكبيرة ذات التخصصات المختلفة فسيكون لزاماً عليه التنازل عن صلاحيته شيئاً فشيئاً لمدرائه ومهندسيه ويحملهم المسئولية وإلا تعطلت الأمور وتسبب ذلك دون شك في تأخير التنفيذ وكلما زاد حجم الأعمال وكثرت عدداً ونوعاً كلما لزم إعطاء مزيد من الصلاحيات لأولئك الذين يباشرون العمل في الموقع وللموظفين والمهندسين في مقر الشركة وفي موقع العمل لأنه ليس بوسع إنسان أن يعمل أكثر من شيء واحد في وقت واحد وفي مكان واحد .

كما يجب على إدارة المشاريع المحافظة على السجلات وحفظ الوثائق والصور التي تثبت الوقائع بالتاريخ والحقائق والأرقام والصور وبذلك تستطيع إعداد تقاريرها الفصلية التي تقدم لصاحب العمل والاستشاري في سهولة ويسر ويحتفظ المقاول لنفسه بسند وثائقي يحميه في المستقبل .

وأخيراً وليس آخراً يجب على إدارة المشروع أن تحافظ على علاقة طيبة مع العمال وتحاول كسب ودهم وإرضاء رؤسائهم وإعطاء المجدين منهم والمخلصين مكافآت تشجيعية وأن تشعرهم بأهميتهم عن طريق أخذ آرائهم في الأمور التي تتعلق بتنفيذ المشروع وتوفير وسائل الراحة والتسلية لهم وبذلك تضمن ولاءهم واخلاصهم في العمل ، ولذلك دوره في رفع كفائتهم ومعنوياتهم وإنتاجيتهم .

١ - ٤ إدارة المشاريع من وجهة نظر المالك

يعتقد بعض الناس من أصحاب الأعمال أنه حقق فائدة له اذا تمكن من تحقيق خسارة المقاول ويجعل هؤلاء نصب أعينهم وجوب محاولة اقتطاع أي مكسب قد يحصل عليه المقاول وهذا المبدأ في حد ذاته يعتبر خطأ وتقدر الإدارة الحكيمة في جهاز المالك في حسابها ضرورة حصول المقاول على ربح معقول وعادل فذلك ضروري لاستمراره في مهنته من جهة ولتنفيذ المشروع أو المشاريع التي بين يديه على المستوى الهندسي السليم من جهة أخرى .

ومن واجبات الإدارة الهندسية هنا أن تتأكد من أن وثائق العقد كاملة وواضحة وتصاميمه الهندسية والتنفيذية دقيقة ولا تحمل الشك أو الالتباس حتى تقطع على المقاول سبيل طلب التغيير بين الحين والآخر .

يقدم كثير من المقاولين طلبات التغيير كلما ظن أن بإمكانه ولو بنسبة ضئيلة الحصول على موافقة المالك والاستشاري . ومع ذلك فعلى المالك والاستشاري أن يحاول تفهم مشاكل المقاول ومساعدته في حلها والمساهمة في إقامة علاقات طيبة بين الطرفين أساسها الاحترام والثقة المتبادلتين .

كما أن من واجبات الإدارة الاحتفاظ بسجلات ووثائق تطور العمل في المشروع وأن يكون لصاحب العمل طاقماً خاصاً به من المهندسين والخبراء الذين يتابعون سير العمل في المشروع باستمرار ويتأكدون من صحة التقارير التي يرفعها الاستشاري والمقاول وكذا يتأكدون من أن العمل يتم تنفيذه وفقاً لشروط العقد ومواصفات التنفيذ .

ويتعين على صاحب العمل أن ينفذ ما يخصه من واجبات حسب شروط العقد مثل اتخاذ القرارات في الموعد المناسب والرد على تساؤلات وإشعارات المقاول ودفع قيمة فواتيره ومستخلصاته في حينها مالم يكن عليها ملاحظات فنية أو مالية أو قانونية تمنع من صرفها .

يجب على الإدارة الهندسية بشكل عام أن تواصل الإشراف على تنفيذ المشروع أولاً بأول وألا تعتمد على الاستشاريين فحسب بل تسير في إشرافها معهم جنباً إلى جنب فليس من

الحكمة الانتظار حتى ينتهي تنفيذ المشروع ثم إبداء الملاحظات عليه وعدم الرضا عن بعض جوانب التنفيذ حيث عندئذ يكون الوقت قد فات لتدارك تلك الملاحظات والأخطاء .

١ - ٥ خدمات الاستشاريين ومهمة الإشراف

للاستشاريين دور حيوي وحساس في مراحل تصميم وتنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة وقد سبقت الإشارة في أول هذا الباب إلى ما يقوم به الاستشاريون من دراسة لجدوى المشروع لتحديد أولوية المشروع وأهميته والمشاكل الفنية والمالية والاقتصادية (إن وجدت) التي تعترض سبيل تنفيذه . ويمكن تصنيف المرحلة السابقة على أنها المرحلة الأولى من مراحل المشروع ، والتي تعتمد على مجهود الاستشاريين والخبراء .

وبعد ثبوت جدوى المشروع بموجب الدراسة السالفة الذكر يقوم صاحب العمل بتكليف شركة استشارية (ربما تكون شركة استشارية جديدة) بإعداد التصاميم والمواصفات والخرائط التي سوف تستخدم في تنفيذ المشروع وتشمل هذه الوثائق صيغة العقد وشروطه الخاصة والعامة وجداول الكميات والمواصفات وتقارير حالة التربة وطبغرافية الموقع والخرائط المختلفة اللازمة للتنفيذ ، وحتى دعوة المتعهدين لتقديم عطاءاتهم وربما معايير تأهيلهم . وقد تشمل واجبات الاستشاريين فرز وتحليل العطاءات وبالتالي المساعدة في ترسية العطاء .

وكلما زادت واجبات الاستشاريين كلما كانت العلاقة بينهم وبين كل من المالك والمتعهد أكثر حساسية وتعقيداً . ويمكن اعتبار تلك الواجبات المرحلة الثانية من واجبات الاستشاريين . وهناك بعض الأجهزة الحكومية والأجهزة الخاصة التي تمكنت من بناء جهاز فني خاص بها يمكنها من إعداد التصاميم ووثائق عقود المشاريع الخاصة بها دون اللجوء إلى تكليف شركة استشارية .

وتعتبر مرحلة التصميم السالفة الذكر طويلة ومعقدة وتشمل فترة التخطيط ووضع الخطة الابتدائية ثم تقديم حلول بديلة مبنية على مطالب وشروط وأغراض المشروع ، ويقوم صاحب العمل باختيار واحد من تلك البدائل أو بديلاً معدلاً يتم بعدئذ تطويره واعتماده كأساس لبقية مراحل التصميم .

وبعد أن تتم ترسية المشروع واختيار المقاول الذي سيقوم بتنفيذه ، فإن المالك يكلف الاستشاري (ربما كان ذلك الاستشاري الذي قام بإعداد وثائق العطاء وتصاميمه وربما يكون استشارياً جديداً) بموجب عقد مستقل يبرم بينهما بالإشراف على التنفيذ ومراقبة أعمال المقاول والتأكد من سيره وفق الشروط والمواصفات والتصاميم الخاصة .

وهذه هي المرحلة الثالثة والأخيرة من واجبات الاستشاريين ، وتعتبر أكثر المراحل الثلاث تعقيداً وحساسية وذلك لاحتكاكها المباشر مع المقاول ومهندسيه . فبينما يتطلب الموضوع في المرحلتين الأولى والثانية وجود علاقة بين طرفين هما المالك والاستشاري ، يتطلب الأمر في المرحلة الثالثة علاقة ثلاثية بين المالك والاستشاري والمقاول . هذا وتجدر الإشارة هنا إلى أن كثيراً من الشركات الإنشائية والصناعية الكبرى قد طورت من أجهزتها الفنية لدرجة تمكنها من القيام

بمهمتي التصميم والتنفيذ معاً وبالتالي منافسة الشركات الاستشارية في دورها التقليدي . وقد تسبب هذا الأمر في ازدياد عدد المشاريع التي يعهد بموجبها لمقاول واحد بمهمة التصميم والتنفيذ . كما تسبب أيضاً في إقامة تنافس قوي لصالح المالك إلا أنه زاد فعلاً من الحساسية والاحتكاك القائم بين الاستشاريين والمقاولين . ويتم في بعض المشاريع الهندسة تقديم عرضين للتنفيذ أحدهما هو العطاء الأصلي المعروض على المقاول من قبل المهندس الاستشاري عن طريق المالك والآخر هو عطاء بديل موضوع من قبل المقاول ويستند على نفس شروط ومواصفات وأغراض العطاء الأول ، لكنه ربما يختلف عنه في التصاميم أو طريقة التنفيذ والفكرة ، والتقنية الأفضل والسعر الأنسب حسب اعتقاد المقاول .

ويقف المقاول في حالة كهذه في منافسة ـ قد تكون ـ حادة وجهاً لوجه ليس فقط مع بقية زملائه المقاولين بل مع الاستشاريين واضعي وثائق العطاء الأول أيضاً وبذلك يزيد المقاول من فرص فوزه بالعمل ، إما بتنفيذ العطاء الأول أو العطاء البديل ، وهذه الفكرة تستحق التشجيع من قبل أصحاب العمل لأنها مدعاة للابتكار والاختراع الأفضل . بالإضافة إلى أنها قد تؤدي إلى تقديم سعر أفضل لتنفيذ المشروع .

يعين الاستشاري خلال فترة تنفيذ المشروع مهندساً من ذوي الكفاءة والخبرة يتولى مهمة إدارة جهاز الإشراف على التنفيذ ويسمى « المهندس المقيم » ويقيم في موقع العمل فعلاً ويكون ضمن مسئولياته الإشراف اليومي على تنفيذ العمل وعمل القياسات وحل المشاكل الميدانية وتطبيق جميع المواصفات والشروط . ان وجود علاقة طيبة بين مدير المشروع والمهندس المقيم ، مبنية على الثقة المتبادلة والاحترام لهو أمر جوهري له نتائجه الحميدة على سير العمل بالمشروع . وهناك احتمال كبير لحدوث احتكاك بين الاثنين وقد يتطور الأمر إلى انتهاز كل منهما الفرص للايقاع بالآخر أو خداعه ، ومن ثم يتحول موقع العمل إلى ساحة للصراعات الشخصية وقد تكون تلك الصراعات الشخصية سبباً في تأخير التنفيذ أو رداءة نوعيته . ولذا فإن حسن اختيار المقاول لمدير المشروع وحسن اختيار الاستشاريين أو المالك للمهندس المقيم هو أمر في غاية الأهمية ويجب التأكد من حسن الاختيار حتى لا يندم أي منهما بعد فوات الأوان .

١ - ٦ تقديم المناقصات

تعتبر استراتيجية إعداد وتقديم المناقصات واحدة من أصعب واجبات الإدارة الهندسية تعريفاً وإتقاناً . إن هذه الاستراتيجية لا تتبع قواعد المنطق بل ومستحيلة الفهم باستخدام التحليل الهندسي العلمي ومع ذلك فلابد للمقاول من إجادة فن تلك المهنة وإلا فشل في الحصول على عمل مفيد ومربح .

ويمكن تعريف استراتيجية إعداد وتقديم المناقصات على أنها علم التفوق في تخمين نوايا وأهداف المنافسين والتفوق عليهم في المراوغة للحصول على أعمال مربحة . وهكذا فهي تشمل إعداد عطاءات على أساس المبلغ المقطوع أو على أساس سعر الوحدة ويشمل ذلك المشاريع الضخمة ومشاريع المباني . إن تعريف تلك الاستراتيجية يشمل استراتيجية تحديد الأعمال التي

يحق أن يناقص المقاول فيها إذا كان العقد بمبلغ مقطوع أو بسعر الوحدة ، أما إذا كان العقد من نوع « ربح فوق التكلفة » فإن الأمر يشمل إجادة فن تحديد نوع العقد الأكثر فائدة للمقاول والأقل خطراً .

ولابد للمقاول أيضاً من تعلم أساليب إجادة إعداد العرض الذي يبدو أكثر قبولاً من جهة مع أنه يحفظ للمقاول حظاً أوفر في الحصول على ربح . وبعبارة أخرى عليه أن يتعلم كيف يصوغ عطاءه للحصول على أكبر مزايا عند تغيير المواد والكميات والتصاميم بما يتناسب وظروف الموقع . ويجب على المقاول أن يدرس أوضاع المنافسين المعروفين أو المتوقع دخولهم في المناقصة وذلك لأخذ تلك الأمور بعين الاعتبار عند إعداد عطائه . وبالإضافة إلى ما تقدم فان على المقاول أن يتعرف على المالك والمهندس وذلك لأن السعر وشروط العطاء يجب أن تعدل لتتناسب مع اتجاههم وسياستهم المتوقعة تحت سلسلة من الظروف والملابسات المحيطة بالمشروع . لقد قيل الكثير وكتب الكثير عن استراتيجية اختيار المشاريع ولكن هناك حقيقة لا يمكن إنكارها وهي أن هناك بعضاً من المشاريع التي يحسن لمقاول معين تحت ظروف معينة أن يبتعد عن الدخول فيها لعدة أسباب ، ويمكن أن تكون هذه المشاريع أكثر ملائمة وربحاً لنفس المقاول تحت ظروف وملابسات أخرى .

قد يواجه كل مقاول تقريباً بين الحين والآخر ، موقفاً صعباً من حيث قلة الأعمال وقرب حلول « وقت الصفر » حيث يلزم تسريح العمال وتعطيل الآليات . وعند ذلك الموقف العصيب نجد أن المقاول الأقل عطاءاً يعرف مسبقاً أنه سيخسر قليلاً . ولكن عليه أن يفعل شيئاً ليبقي على الحركة الجارية حتى يحصل على أعمال أكثر فائدة . وليس المقاول الأقل عطاءاً هو الخاسر وحده فمنافسوه أيضاً قد صرفوا الكثير من المال والجهد على إعداد عطاءات يعلمون سلفاً أنها قد لا تفوز بالعمل.

يجب على المقاول أن يعرف أنه مهما قلت المشاريع المعروضة وزاد التنافس عليها فإن هناك مشاريع مربحة وعليه أن يتعرف على تلك المشاريع ويبذل قصارى جهده للحصول عليها . ان المقاول الذي يحاول أن يدخل في كل مشروع مهما كان نوعه أو حجمه سيجد أن أسعاره ستكون منخفضة بحكم المنافسة ولكن عدم الدراسة والتحليل من جانبه سيزيد من احتمال ضياع المشاريع المربحة عليه.

إن محاولة بعض المقاولين الدخول في جميع الأبواب والتوسع السريع ، في غمرة تحسن الأسواق وكثرة الأعمال ، قد تجعلهم يقعون في مشاكل هم في غنى عنها . وأن المهندسين الذين يرهقون أنفسهم بإعداد عطاءات ثلاثة أو خمسة أو حتى عشرة مشاريع في الأسبوع لا شك سيخطئون في حساباتهم وفي تقديرهم . وهكذا تكون الشركة في موقف لا تحسد عليه .

وخلاصة القول أنه يجب على المقاول أن يبذل وقتاً ومالاً للاختيار المبني على الدراسة والتحليل وأن يتجنب مخاطر التوسع السريع غير المدروس وأن يحاول التعرف على ظروف كل مشروع على حدة وعلى ظروف منافسيه وأوضاعهم وعلى ظروف صاحب العمل والاستشاري ومن ثم يقدم عطاءات مربحة وذات احتمال عال في القبول .

١ - ٧ العلاقة بين المالك والمقاول والمهندس

لا يمكن لأي مشروع هندسي مهما كان نوعه أو حجمه أن ينفذ إلا بمجهود ثلاثة أطراف رئيسية ، المالك أو صاحب العمل والمقاول أو المتعهد الذي يقوم بتنفيذ المشروع والمهندس أو الاستشاري الذي يعد وثائق عقد المشروع وتصاميمه من جهة ويشرف على تنفيذه من جهة أخرى . وحتى يتم إنجاز المشروع في موعده وحسب شروطه ومواصفاته فلابد من تعاون الأطراف الثلاثة الرئيسية المذكورة انفاً ولابد من إقامة صلة وثيقة مبنية على الاحترام والثقة المتبادلة بين الأطراف المعنية .

وإذا كانت طبيعة عمل المقاول تتطلب بقاء خطوط الاتصال مفتوحة بينه وبين المالك ، كما أسلفنا ، ليس فقط لضمان الحصول على العمل ولكن لطمأنة المالك على اهتمام المقاول بمشروعه ، فإن طبيعة عمله تتطلب أيضاً إقامة علاقة طيبة بينه وبين الاستشاري انطلاقاً من نفس المبدأ .

وهكذا نجد أن كثيراً من الشركات التنفيذية تولي هذا الأمر اهتماماً بالغاً ويكون بها نائباً لرئيس الشركة لعلاقات العملاء مهمته إقامة جسور الاتصال وتقويتها بين المقاول وبين أصحاب العمل الذين يتعامل معهم . وليس المقاول مطالباً بإقامة علاقة طيبة مع عملائه أصحاب العمل فحسب بل هو مطالب أيضاً بإقامة علاقات طيبة مع جميع من له صلة به من دوائر الحكومة والمقاولين الآخرين والاستشاريين ومنسوبي القطاع الخاص والجمهور ، ومن هنا جاءت فكرة وجود قسم خاص يرأسه شخص بلقب نائب الرئيس للعلاقات العامة .

وإذا كان على المقاول بذل تلك الجهود لإقامة علاقات التفاهم والثقة مع ذوي الصلة به بما فيهم أصحاب الأعمال ، فان الأمر بالنسبة لصاحب العمل له أهميته . فليس لصالح صاحب العمل قيام مشاكل ومنازعات قد تحتاج إلى التحكيم الذي سوف يجبره على إنفاق الكثير من الجهد والمال لفضه بل ويؤخر عليه تنفيذ مشاريعه .

ولذا ففي الوقت الذي يتوجب على صاحب العمل الإشراف الدقيق على سير العمل والتأكد بصورة دائمة بأن تنفيذ العمل يتم وفق المواصفات وشروط العقد وخرائط التصميم فإن عليه أن يشعر المقاول بثقته به واحترامه لرأيه ما استطاع إلى ذلك سبيلاً .

وعلى المهندس المشرف أو الاستشاري أن يحافظ على علاقات طيبة مع الطرفين فهو يعمل لخدمة صاحب العمل ويمثله أمام المقاول وبالتالي فعليه أن يتحرى مصلحته فيما يتخذه من قرارات وما يصدره من تعليمات وأوامر في ميدان العمل كما أن عليه ألا يستغل الصلاحيات الممنوحة له بموجب شروط العقد استغلالاً أعمى بقصد الإساءة إلى المقاول أو حتى بقصد الحصول على فوائد معينة لصاحب العمل أكثر مما نص عليه العقد وعلى حساب المقاول لأن ذلك يسبب شعوراً للمقاول بأن الأمر قد تعدى الواقعية والعدل إلى التحدي وسوء استغلال السلطة . وهنا تزداد الحزازات كماً وكيفاً وبالتالي الإضرار بالمشروع وصاحبه من جهة وبكل منهما من قبل الآخر من جهة أخرى .

وعلى المهندس أن يعطي تعليماته بصورة مكتوبة وواضحة وأن يتحرى في تقاريره الصدق والأمانة .

١ - ٨ تمويل المشاريع الهندسية

يعتبر ترتيب مصادر التمويل أمراً حيوياً هاماً بالنسبة للمقاول . فعليه أن يوفر المال اللازم لتنفيذ التزاماته بموجب العقود القائمة بما في ذلك المصاريف غير المباشرة ، والأجور والرواتب ، وشراء وتشغيل وصيانة ما يلزمه من آليات ، ولشراء المواد ، ودفع تكلفة الخدمات ، والوقوف خلف التزاماته في حالة الخسارة في أحد المشاريع التي ينفذها ، ولتغطية الضمانات بأنواعها ، ووجود مبالغ احتياطية فوق هذا كله للصرف منها عند الضرورة وفي ظروف خاصة غير منظورة . كل ذلك يستوجب إقامة علاقات قوية مع البنوك وحفظ سجلات مالية وبنكية ممتازة .

هذا بالاضافة إلى أنه منذ الصرف الفعلي على شراء المواد وتوفير الخدمات الخاصة بنشاط معين في أحد المشاريع وحتى استلام المبلغ من المالك ، قد يستغرق وقتاً طويلاً نتيجة عملية القياس وإعداد التقارير الشهرية وتقديمها للمالك عن طريق الاستشاري الذي يقوم بدوره بدراستها ومطابقتها مع واقع الأمر من وجهة نظره هو قبل رفعها للمالك . وهذا الأخير لابد له من دراسة تلك الوثائق والشهادات قبل صرف استحقاق المقاول .

وحتى يستطيع المقاول إقامة علاقات بنكية قوية عليه أن يتعامل مع البنك بصدق ونزاهة وأن يدفع ديونه في وقتها تماماً وأن لا يمتنع عن تزويد البنك بالمعلومات التي يطلبها مهما كانت تلك المعلومات طيبة أو بالعكس . كما يجب على المقاول تقديم نسخة من تقرير مراقبي حساباته السنوية إلى جميع البنوك التي يتعامل معها ، وعليه أيضاً تزويدهم بتقارير سنوية أو نصف سنوية عن عملياته على أن يشمل ذلك التقرير وضعاً لجميع المشاريع التي يقوم بتنفيذها وأماكنها ، ونوع كل منها ، واسم المالك ، والقيمة الإجمالية لقيمة العقد ، وتاريخ التنفيذ المتوقع . كما يحتوي التقرير على ملخص للوضع العام للمشروع وتوقعاتهم عن الربح والخسارة فيه . ويجب على المقاول ألا يتردد في إظهار الحقيقة أو يتخوف من أن يرى مدير البنك أن أحد المشاريع سوف يخسر ، فمدير البنك وكبار معاونيه يعرفون جيداً أنه ليس هناك مقاول ما يربح في كل مشروع يأخذه ، ويقدر أصحاب البنوك المقاولين ذوي الصدق والأمانة ويساعدوهم عندما يكونون في وضع صعب .

ومتى يبني المقاول لنفسه علاقة طيبة وصريحة مع البنوك التي يتعامل معها يضمن لنفسه التمويل اللازم لتدعيم مركزه المالي في بعض الأوقات الحرجة العصيبة أو لفتح خطابات الاعتماد أو لتغطية الضمانات وما إلى ذلك .

١ - ٩ أعمال المحاسبة

لن نتحدث عن المحاسبة أو نبحث فيها إلا من حيث علاقتها بإدارة المشاريع الهندسية . فالمحاسبة علم وفن قائم بذاته . فليس المهندس مطالباً بأن يكون محاسباً أو أن يتقن المحاسبة بيد أنه مطالب باستيعاب الأسس والمبادىء الرئيسية التي ترتكز عليها المحاسبة . إن المهندس مخول لصلاحيات مالية ضخمة مثل صلاحيات السحب والدفع والقبض .فقوائم الرواتب والأجور

لا تصرف إلا بتوقيع المهندس ، وأثمان المواد لا تصرف إلا بتوقيع المهندس ، والسلف المعطاه على الأقسام المنجزة من الأعمال لا تصرف إلا بتوقيع المهندس . وإذا تم تجاوز في الصرف فان المهندس هو المسئول الأول. من هنا كانت علاقة المهندس بالمحاسبة والمحاسبين قوية، وتعلمه لأصول المحاسبة ومبادئها أساسي وإلا لما عرف المهندس لماذا يوقع مع المحاسب على بيان المصروفات ودفتر الرصيد الشهري . ولنلق نظرة سريعة على المحاسبة ونحاول ايضاح النواحي التي تربط المهندس بها . ويمكن تلخيص أعمال المحاسبة في المشاريع الهندسية في النقاط التالية :

(١) حفظ الحسابات وهو تسجيل مختلف العمليات المالية تحت حسابات خاصة . والغاية من حفظ الحسابات هو تسجيل المفعولات المالية لكل عملية أو صفقة وتسجيل المفعولات المركبة لمثل تلك الصفقات .

وينقسم دفتر حفظ الحساب إلى قسمين رئيسيين :

قسم للواردات وقسم للمصروفات .

(٢) دفاتر الحسابات أو الدفاتر المالية وتنقسم إلى قسمين :

أ - الدفاتر الرئيسية ، أو دفاتر الحسابات الجارية أو دفاتر الأستاذ « Ledgers » .

ب - الدفاتر الفرعية ، أو دفاتر القيود الأصلية مثل دفتر الصندوق ودفتر المشتريات ، دفتر المبيعات ، دفتر القوائم ، دفتر اليومية ، دفتر المصروفات النثرية ... الخ .

ومما تجدر الإشارة إليه أن مسئولية المهندس من وجهة النظر المالية واحدة سواء كان المهندس يعمل مع المالك أو مع المقاول . ومن هنا فإلمام المهندس بمبادىء المحاسبة ما يزال قائماً وبنفس درجة الأهمية سواءاً كان موظفاً في دوائر الحكومة أو في مؤسسة خاصة أو أهلية . فطبيعة عمله تفرض عليه أن يكون قادراً على استلام المواد المشونة وتوقيع كشوفات أجور العمال ، ويقوم أيضاً بقياس وتقويم العمل المنجز ويشهد بتنفيذه حسب المواصفات والشروط وبذلك يخول حق دفع السلف .

وخلاصة القول أن المهندس لا يمكنه تأدية عمله على الوجه الأكمل دون أن يكون لديه الحد الأدنى من الإلمام بأصول المحاسبة وقواعدها .

١ - ١٠ التقرير الفصلي عن تقدم العمل

يقوم مدير المشروع ومهندسوه بإعداد تقارير فصلية عن تقدم العمل . من هذه التقارير : تقرير الحسابات والتقرير الفني (الهندسي) والتقرير المالي . ويرسم المسئولون عادة خطة معينة يتم بموجبها إعداد التقارير المذكورة أعلاه وأي تقارير أخرى قد تتطلبها الظروف المحيطة بالعمل .

وتحدد الخطة نوع التقارير والمعلومات التي يجب أن يحتوي عليها كل تقرير والفترة الزمنية لصدور هذه التقارير . وتحتوي معظم العقود الهندسية على فقرة خاصة تطالب المقاول بتقديم تقرير فصلي عن تقدم العمل يعتمد نوعه والمعلومات التي يجب أن يحتويها وفترة صدوره على نوع المشروع ومدة تنفيذه .

وليس من الضروري أن يكون التقرير الفصلي عن تقدم العمل الذي يقدم إلى صاحب العمل والاستشاريين مطابقاً للتقرير الداخلي الذي يعده مدير المشروع ، حيث أن المقاول في الغالب لا يفضل التطوع بمعلومات غير مطلوبة منه . ويجب أن يتحكم المقاول في توزيع التقارير بحيث لا تكون مهيئة لكل أحد وذلك لاحتوائها على بعض المعلومات الهامة أو ذات الطابع السري وقد تحتوي على اختراع أو ابتكار طريقة معينة للتنفيذ .

ويجب أن يحتوي التقرير الفصلي عن تقدم العمل على جميع المعلومات الفنية التي تهم قراء هذا التقرير وأن يكون دقيقاً وصحيحاً وبعيداً عن المبالغة والخداع لكي يعطى صورة صادقة عن تقدم العمل والمستوى الذي وصل إليه .

وهناك تقارير يومية وأخرى أسبوعية وثالثة شهرية ، وربما تطلب الأمر إعداد تقارير ربع سنوية أو نصف سنوية بالإضافة إلى التقرير الختامي . ويقصر التقرير اليومي على مدير المشروع أما التقرير الأسبوعي فيقدم للمكتب الرئيسي بالإضافة إلى مدير المشروع .

ويقدم المقاول نسخاً من التقرير الشهري إلى المهندس المشرف وإلى المالك والبنك أو البنوك ذات العلاقة بالمشروع . ويحتوي التقرير اليومي عادة على المعلومات التالية :

أ - إجمالي القوة العاملة في المشروع .
ب - كمية المواد التي تم حفرها أو توريدها إلى الموقع ، وكذا الخرسانة التي تم صبها خلال اليوم ، والمسافة الطولية التي تم حفرها من القناة خلال اليوم .. الخ .
ج - عدد الساعات التي عملتها الآليات الرئيسية بالموقع وهل تأخر أو تعطل شيء من تلك الآليات وأسباب التعطيل أو التأخير .
د - ملخص للتكاليف في وحدات المشروع المختلفة والتي تم حصرها من واقع قيم المواد وأجور العمال والآليات .
هـ - أي معلومات أخرى يطلبها مدير المشروع .

ويعتبرالتقرير الأسبوعي صورة مكبرة للتقرير اليومي وهو يلخص مختلف الأنشطة التي تمت خلال الأسبوع ليعطي مدير المشروع وإدارة الشركة فكرة واضحة عما تم في موقع العمل خلال الأسبوع . ويعتبر التقرير الأسبوعي ذا أهمية بالغة في حالة وجود مصاعب إدارية معينة تم وضع حلول لها . ويحتوي أيضاً على تقويم لما تم تنفيذه من أنشطة خلال الأسبوع وقياس تقريبي للكميات والمبالغ المستحقة مقابل ما تم تنفيذه من أعمال ، مع ملاحظة المهندس على كل شيء غير عادي يكون قد حدث خلال الاسبوع .

أما فيما يتعلق بالتقرير الشهري ، حيث تتسع دائرة التوزيع ، ويتوقف عليه كثير من الجوانب الهامة مثل المستخلص الشهري ، كما أنه يحتوي على نسبة المنفذ من العمل ومدى سير التنفيذ مع البرنامج الزمني الموضوع لذلك . ويزود عادة بالصور وتسجيل الحقائق والأحداث الهامة فيه .

وبالإضافة إلى ما تقدم فهناك التقرير الختامي والذي يعتبر تاريخاً دقيقاً لتطور تنفيذ المشروع وتعتمد درجة التفصيل فيه على حجم المشروع ونوعه. ويعتبر مرجعاً دائماً طوال حياة المشروع .

ويتم إخراجه بطريقة منظمة دقيقة وسهلة القراءة مزودة بالصور التي تحتوي على التاريخ والوصف المناسب .

١ - ١١ العلاقات العمالية وأهميتها

يوجد في معظم بلدان العالم اتحادات للعمال (نقابات) تنظم علاقات منسوبيها بأصحاب الأعمال وتدافع عن حقوقهم وتتفاوض باسمهم وتتعاقد نيابة عنهم . وتختلف قوة وهيمنة هذه الاتحادات على النشاط العمالي من بلد لآخر ومن تنظيم عمالي إلى آخر . ومهما كان نوع النشاط العمالي فإن إدارة المشروع يجب أن تحاول بكل استطاعتها تحسين علاقتها مع اتحادات العمال من جهة ومع العمال أنفسهم ورؤسائهم من جهة أخرى . وتختلف العلاقات العمالية في مشاريع التشييد عنها في مشاريع الإنتاج الصناعي والنقل والخدمات وبقية المشاريع الهندسية الأخرى .

وهناك اعتقاد سائد بأن ما يهم المقاول من العلاقات العمالية هو الحصول على عقد من مجموعة العمال أو من اتحاد العمال الذي يمثلهم كما أن هناك اعتقاد آخر بأن ما يهم القوى العاملة هو الأجور فقط . وكلا الاعتقادين خاطىء إلى حد ما . فبالرغم من أهمية الحصول على العقد المناسب مع العمال أو اتحاد العمال وبالرغم من اهتمام العمال وممثليهم في الاتحاد في الحصول على أجور عادلة ، هناك أمور كثيرة أخرى تهم العمال وتؤثر في إنتاجيتهم وتعاطفهم مع المقاول وولائهم له .

ومن أهم هذه الأمور ما يلي :

١ - توفير وسائل الراحة والترفيه في مقر سكن العمال « معسكر العمال » . وعلى المقاول أن يعرف أنه مهما يكن توفير السكن المريح والملائم لعماله مكلفاً فان لذلك أهمية في رفع معنويتهم وزيادة إنتاجيتهم تفوق بكثير التكلفة التي قد يتكبدها في سبيل راحتهم .

٢ - ويجب أن يعرف المقاول أيضاً أن الناحية العاطفية لها دورها في كسب رضا العمال وتحسين إنتاجهم ، فهم يقدرون للمقاول مثلاً اهتمامه بوسائل السلامة في موقع العمل وتأكيده على ضرورة اتباع وسائل السلامة حتى ولو تسبب ذلك في تأخير العمل بعض الشيء في نشاط ما . وحتى في حالة معارضتهم الظاهرية لاتباع وسيلة من وسائل السلامة مثل لبس القبعات الصلدة أو القفازات أو الأقنعة الواقية ما هي إلا معارضة إسمية فانهم يشعرون في قرارة أنفسهم أن هذه الاحتياطات قد وضعت من أجل سلامتهم وتجنيبهم للمخاطر والحوادث .

٣ - وهناك عامل نفسي آخر له دور كبير في رفع معنوية العمال وبالتالي تحسين إنتاجهم وفعاليتهم ، ذلك هو استشارتهم وأخذ رأيهم في المواضيع المتعلقة بتنفيذ العمل . وكم يكون سرور رؤساء العمال عظيماً عندما يستدعون للتشاور معهم في أفضل الطرق لحل مشكلة فنية معينة تعترض تنفيذ الأعمال . فهم عندئذ يشعرون بأهميتهم وأهمية آرائهم وبأنهم ليسوا مجرد مستخدمين يؤدون ما يؤمرون بتأديته من عمل .

٤ - أما إعطاء المكافآت التشجيعية فهو أمر ثبتت فاعليته وأهميته . ومهما يكن المبلغ الذي يقدم للتشجيع مقابل زيادة في الإنتاج أو تحسين الأداء فان له أهميته وأثره في نفوس جميع العاملين في الموقع . ومن نتائج ذلك محاولة من حصل على المكافأة مضاعفة الجهد لرفع إنتاجه وزيادة فعاليته وكذا محاولة الآخرين اللحاق به والحصول على مكافآت مماثلة في المستقبل .

كما أن هناك عوامل أخرى تختلف أهمية تأثيرها على القوة العاملة باختلاف نوع العمل ومكانه والظروف المحيطة بالمشروع . ومن واجبات إدارة المشاريع أن تتحسس هذه العوامل وتحصيها وتحدد أهميتها حسب نوع المشروع والظروف الخاصة به ، ومن ثم العمل على الاستفادة من هذه العوامل في توجيه نشاط العمال إلى إنتاجية أفضل ومهارة أوفر . أما إذا أهملت الإدارة واجبها في معرفة هذه العوامل فانها قد تتفاقم وتتسبب في ايجاد نتائج عكسية ، ويعتبر هذا الموضوع من اختصاص نائب الرئيس لشئون العلاقات العمالية وعليه أن يقدم تقارير فصلية إلى رئيس الشركة أو رئيس مجلس الإدارة يلخص فيها نشاط إدارته في هذا المجال خلال فترة التقرير .

١ - ١٢ أنواع العقود الهندسية

العقود الهندسية موضوع هام قد يستغرق بحثه بصورة وافية وقتاً ليس بالقصير ، ومن هنا فان نقاش هذا الموضوع هنا سوف يقتصر على العقود الهندسية من وجهة نظر إدارة المشاريع الهندسية .

يختلف نوع العقود الهندسية بحسب اختلاف المجموعة التي ينتمي اليها المشروع فعقود المشاريع الضخمة « Heavy Construction Projects » تختلف عن عقود المشاريع الصناعية « Industrial Projects » كما تختلف عن عقود مشاريع المباني « Building Construction Projects » وتختلف أيضاً عقود مشاريع المجموعة الواحدة عن بعضها البعض ، بل أن عقود مشاريع الفرع الواحد داخل المجموعة ، مثل المطارات ، تختلف من مشروع لآخر تبعاً للظروف التي تم في ضوئها إبرام العقد .

ويمكن تعريف العقد بشكل عام بأنه اتفاقية يعد بموجبها أحد الطرفين الطرف الآخر بتقديم خدمات أو مواد أو كلاهما لبناء منشأ هندسي معين أو لتحسين مستوى منشأ هندسي قائم ، على أن يدفع الطرف الأخير تكاليف ما يقوم به الطرف الأول من أعمال . وقد يكون العقد شفوياً أو مكتوباً وتختلف صياغة العقود الهندسية عن بعضها البعض ، فبعضها قصير سهل الفهم والتفسير والبعض الآخر طويل وقد يكون صعب الفهم يتطرق إلى التفاصيل الدقيقة . وقد تسبب إعادة استعمال بعض الصيغ لعدة مرات في اعتبار تلك الصيغ صيغاً ثابتة .

وهناك فرق بين العقود الحكومية والعقود الخاصة . فالعقود الحكومية هي تلك التي تكون إحدى الدوائر أو المؤسسات الحكومية طرفاً فيها . ويجب أن تكون العقود الحكومية مبنية على

التنافس المفتوح وتتم ترسية العطاء عادة على أقل المتنافسين تكلفة ما لم يكن هناك سبباً وجيهاً لاستبعاد عطائه واختيار غيره . أما في العقود الخاصة فليس هناك ما يلزم بأن يكون التنافس مفتوحاً ويتم عادة اختيار أحد المتقدمين مع عدم التقيّد بإجمالي قيمة عطائه ، بالرغم من أن إجمالي قيمة العطاء تعتبر عاملاً هاماً في أي عقد هندسي سواءاً كان حكومياً أو خاصاً ولكن الأمر في العقود الخاصة يختلف عنه في العقود الحكومية . وهناك جانباً آخر من جوانب الاختلاف بين العقود الحكومية والعقود الخاصة ، ذلك هو الزيادة والنقص والتغيير في الأعمال . فبينما يعطي العقد الخاص مرونة كافية للمالك في إجراء التغيير والزيادة والنقص على أن تعدل قيمة العطاء تبعاً لذلك ، يحدد العقد الحكومي نسبة مئوية من قيمة العطاء الأصلي يتم في حدودها إجراء الزيادة والنقص والتغيير . وقد حددت هذه النسبة في المملكة العربية السعودية بعشرين في المائة (٢٠٪) من قيمة العطاء الأصلي .

وتنقسم العقود الهندسية إلى قسمين أساسيين

أولاً : العقود ذات القيمة الثابتة « Fixed-Price Contracts »

ويعتبر هذا النوع أكثر العقود الهندسية شيوعاً . وجميع العقود الحكومية (باستثناء القليل منها مثل العقود العسكرية) تكون عادة من هذا النوع . ويدخل ضمن هذا النوع من العقود :

١ - عقد المبلغ المقطوع « Lump-sum Contract » ، وبموجب هذا النوع يتعهد المقاول بإكمال الأعمال وفق الشروط والمواصفات لقاء مبلغ مقطوع ومحدد عند توقيع العقد .

٢ - عقد سعر الوحدة أو عقد جدول الكميات « Unit Price Contract » . وفي هذا النوع من العقود يطلب من المقاولين المتنافسين وضع تسعيرة للكميات المرصودة في جدول الكميات كما يطلب منهم إجراء حساب التكلفة الكلية بناء على الكميات التقريبية . وتعتبر القيمة الإجمالية للعطاء هي تلك الناجمة عند القياس الفعلي للأعمال المنفذة .

٣ - عقد التصميم والإنشاء « Design-build Contract » ، ويقوم المقاول بموجب هذا النوع من العقود بمهمتي التصميم والتنفيذ معاً لقاء مبلغ مقطوع أو بناءاً على جدول الكميات . ويتطلب مثل هذا العقد وجود جهاز قوي للتصميم لدى المقاول .

٤ - عقد تسليم المفتاح « Turnkey Contract » ، وبموجب هذا العقد يقوم المقاول بإكمال كافة الأعمال بمبلغ محدد ، ويدخل ضمن واجبات المقاول أحياناً مهمة التصميم .

٥ - عقد ضمان الحد الأعلى للتكلفة « Guaranteed Maximum Price Contract » . وبموجب هذا العقد يوافق المقاول على إكمال الأعمال بحيث لا تزيد التكلفة عن الحد الأعلى المتفق عليه وذلك لقاء دفع قيمة أتعاب محددة للمقاول . واذا زادت التكلفة عن الحد الأعلى المتفق عليه توجب على المقاول أن يتحمل ذلك بنفسه أما اذا كانت التكلفة أقل من ذلك الحد الأعلى المتفق عليه فان هناك عادة فقرة في العقد تعالج ذلك . وهي إما تعطي كامل المبلغ المتوفر للمالك أو تعطي نسبة منه إلى المقاول .

ثانياً : عقود التكلفة مضافاً اليها الأتعاب « Cost-Plus Contracts »

وتحت هذا النوع من العقود يوافق المقاول على إكمال الأعمال التي يتضمنها العقد على أن تدفع له تكاليف الأعمال بالاضافة إلى مبلغ إضافي لقاء أتعابه . ويدخل ضمن هذا النوع من العقود ما يلي .

(١) عقود التكلفة مضافاً اليها مبلغاً ثابتاً « Cost-Plus-a-Fixed-Fee »
ويقوم المالك في هذه الحالة بدفع تكاليف الإنشاء للمقاول مضافاً اليها مبلغاً مقطوعاً يتفق عليه عند توقيع العقد . ويكون محسوباً بنسبة مئوية من التكلفة المقدرة للمشروع عند التوقيع إلا أنه لا يزيد ولا ينقص في حالة تغير إجمالي التكلفة عما قدر لها عند التوقيع .

(٢) عقد التكلفة مضافاً اليها نسبة مئوية منها
« Cost-Plus-a-Percentage-of-Cost »
وهنا يدفع صاحب العمل للمقاول التكاليف الحقيقية للأعمال مضافاً اليها مبلغاً نظير أتعابه وأرباحه ويحسب هذا المبلغ بنسبة مئوية من إجمالي التكلفة الحقيقية للعمل .

(٣) عقد التكلفة مضافاً اليها مكافأة تشجيعية « Cost-Plus-an-Incentive Fee »
ويتم دفع تكاليف العمل الفعلية للمقاول بالإضافة إلى مكافأة تعادل أتعابه وأرباحه . وتحسب هذه المكافأة بموجب صيغة تعتمد على حسن التنفيذ ومدة العمل والتكاليف الكلية للمشروع .

١ - ١٣ مسئوليات وواجبات مدير المشروع

مدير المشروع هو مقاول رئيسي يقدم خدمات مهنية ويعمل مع المالك والاستشاري لتكوين ميزانية المشروع . ويزود الاستشاري بالمعلومات اللازمة وبما يحتاج اليه من معلومات عن تكنولوجيا الإنشاء وأسعار السلع والخدمات في السوق المحلية وذلك لضمان تصميم المشروع في حدود الميزانية .

كما أن من واجباته إعداد الترتيبات لتأمين البضائع والخدمات اللازمة للمشروع والإشراف على تنفيذه ويقوم بعدد آخر من الخدمات متى طلب منه ذلك . ولكي يفي مدير المشروع بكل هذه الالتزامات والخدمات فلابد من وجود عدد كاف من المختصين العاملين لديه بصورة دائمة من مهندسين ومقومين وحاسبي كميات ومترجمين وأخصائي مشتريات ومراقبي تنفيذ ومدراء وممن لهم خبرة بالعلاقات العمالية .

وفي حالة وجود مدير المشروع فلا داعي لوجود مقاول عام بل كل المقاولين العاملين في ميدان العمل يعتبرون مقاولين فرعيين أو من الباطن .

ويقتصر استخدام مدير المشروع وفق التعريف الموضح أعلاه على المشاريع الكبيرة وفي المشاريع التي يزيد إجمالي تكلفتها عادة عن ١٠٠ مليون ريال سعودي .

وقد جرت العادة ألا ينفذ مدير المشروع أي عمل بواسطة عماله وآلياته ولكن الأمر قد يتطلب خلافاً للعادة أن ينفذ مدير المشروع بعض الأجزاء الثانوية من المشروع وبما لا يزيد عن ١٠٪ من إجمالي تكلفة المشروع .

ويتقاضى مدير المشروع ما بين نصف في المائة (١/٢٪) وخمسة في المائة (٥٪) من إجمالي تكلفة المشروع نظير أتعابه وخدماته وتتناسب نسبة هذه الأتعاب تناسباً عكسياً مع حجم المشروع . ويمكن تحديد مسئوليات مدير المشروع على النحو التالي : -

(١) خدمات ما قبل المشروع

أ - إجراء مسح طبغرافي للموقع وإعداد الخرائط وحفر الجسات لاختبار التربة وإجراء جميع الاختبارات السطحية وشبه السطحية للموقع . ويمكنه تكليف مقاول من الباطن للقيام بكل أو بعض تلك المهام .

ب - الاستشارة والتعاون الدائم مع الاستشاري الذي سيقوم بتصميم المشروع لتحديد المتطلبات التي سيبنى عليها التصميم .

ج - تخطيط وتنفيذ جدولة لتقسيم المشروع تقسيماً منطقياً إلى أجزاء منفصلة ذات طابع مميز .

د - ايجاد حلول بديلة لحل المشاكل التي قد تعترض التصميم والتعاون مع المهندس الاستشاري للخروج بتصميم جيد .

هـ - إعداد تقرير مفصّل للتكلفة مبني على فكرة الاستشاري المستخدمة في التصميم ويستمر في تحديث تقديراته وفقاً لتقلبات الأسعار والتشاور مع المالك لحل أي خلاف قد ينشأ بينه وبين والاستشاري أثناء فترة التصميم .

(٢) واجبات مدير المشروع أثناء التنفيذ

أما خدمات مدير المشروع أثناء التنفيذ فتشمل على سبيل المثال لا الحصر إقامة معسكر في الموقع مزود ببعض الآليات الضرورية والفنيين ، وتحديد وصيانة موقع العمل ، والمساعدة في تقويم عروض المقاولين من الباطن والإشراف على تنفيذ المشروع وإجراء التنسيق بين المقاولين وبين مقاولي الباطن والتأكد من تنفيذ المشروع وفق المواصفات والرسومات ، وجدولة وتحديث المشروع ومراجعة المستخلصات الشهرية أو الفصلية المقدمة من المقاولين والتوصية بما يراه حيالها ، وتنفيذ ما تقتضيه الظروف الاضطرارية مما يعرض السلامة العامة للخطر باستخدام آلياته وعماله ، وأخيراً إعداد رسومات للمشروع كما تم تنفيذه فعلاً للرجوع إليها عند الحاجة .

١ - ١٤ وسائل السلامة وأهمية اتباعها في إدارة المشاريع الهندسية

يتسبب وقوع الحوادث أثناء العمل في ضياع الأرواح والأموال والأجهزة والمعدات كما يتسبب في

تعطيل الأعمال وإضافة أعباء مادية ومعنوية على كاهل المقاول هو دون شك في غنى عنها . ويمكن تعريف الحادثة بأنها كل ما يحدث بصورة غير متوقعة ويؤدي إلى إلحاق الضرر بالعاملين بالدرجة الأولى والأموال والمواد والأجهزة بالدرجة الثانية . ويتراوح حجم الحوادث من صغيرة ، مثل وقوع مطرقة على رأس أحد العاملين أو مسمار ينغرز في رجل أحد المشاة ، إلى حوادث الحريق والانهيار التي قد يذهب ضحيتها الكثير من الأرواح والممتلكات . ومهما كان حجم الحادثة فهي تؤثر على المصاب أو المصابين وعلى سير العمل بالإضافة إلى ما تسببه من تكاليف باهظة تبلغ أضعاف ما يلزم إنفاقه لتوفير وسائل السلامة من تلك الحوادث . ولابد لكل حادثة من سبب ، سواءاً كان هذا السبب مباشراً أو غير مباشر . ولابد للمقاول الناجح من دراسة الموضوع دراسة مستفيضة وتوفير الوسائل والأسباب التي تهييء له سبل اجتناب الحوادث . ولابد من وجود ضابط للسلامة يكون مسئولاً عن إقامة الندوات في الموقع وتدريب العمال على اتباع قواعد السلامة ومراقبة تنفيذهم لتلك القواعد أثناء العمل .

إن أسباب الحوادث كثيرة ومتنوعة ولا يستطيع أي شخص معرفة تلك الأسباب عن طريق التخمين والتقدير , بل لابد من الدراسة والفحص والتمحيص والتأكيد من تطبيق قواعد السلامة في جميع المجالات وعلى كل المستويات . وبإلقاء نظرة سريعة على إحصائيات الحوادث في البلدان التي تعد مثل تلك الإحصائيات لوجدنا أن الحوادث كثيرة ومتعددة وبعضها كثير الخطر ، ولأمكننا أن نستخلص من تلك الإحصائيات التي أجريت في الولايات المتحدة عن الحوادث وأسبابها في مواقع العمل بمختلف المشاريع الهندسية أن معظم تلك الحوادث قد وقع بسبب خطأ طفيف أو إهمال غير متعمد . وقد وجد من تحليل إحصائيات الحوادث المشار إليها أعلاه في المشاريع الإنشائية بأن توزيع تلك الحوادث كما يلي :

١ -	السقوط والتعثر والانزلاق	٢٢ ٪
٢ -	الأجهزة والآلات والمكائن	٢٠ ٪
٣ -	سقوط المواد والأدوات	٢٠ ٪
٤ -	الآليات والأدوات اليدوية	١٣ ٪
٥ -	المسامير والأدوات الحادة	١٢ ٪
٦ -	ما يسببه القطع والبرم واللوي	٧ ٪
٧ -	أسباب أخرى متنوعة	٦ ٪

وقد لا يتصور البعض أن بعض الإهمال اليسير وعدم العناية قد تكون سبباً في كارثة رهيبة تذهب ضحيتها الأرواح والأموال وتكلف المقاول ليس فقط الكثير من المال والجهد ولكن سمعته أيضاً . كما أن بعض المقاولين قد يستكثر النفقات التي يجب صرفها في سبيل اتباع أصول وقواعد السلامة ولكن حادثة واحدة في الموقع ستكلفه الملايين الكثيرة من الريالات .

ويجب أن يدرك جميع العاملين في الموقع أنه على الرغم من اتخاذ كافة الاحتياطات وأساليب الأمان من قبل الإدارة والمشرفين وضابط السلامة فإن أقل إهمال أو عدم مبالاة أو طيش أو تسرع من قبل العامل قد يسبب كارثة جسيمة .

إن توفر الأمان في موقع العمل يعني توفر الكفاءة ، ولا شك أن كل مشرف على عمل ما يحاول جهده ليجعل موقع العمل المسئول عنه ذو كفاءة لكن الكفاءة لا يمكن أن تتحقق من غير أمان ، أي أن الكفاءة تسير جنباً إلى جنب مع الأمان ، والكفاءة في موقع العمل تعني الكثير ، فهي تعني الترتيب والنظافة والنظام ، وتعني تأمين السلامة والأمان والاطمئنان .

إن تكاليف وخسائر الحوادث كما سبق ذكرها باهظة جداً ، فالحوادث تهبط بالمعنويات وتزرع الخوف والفوضى ، وتزيد من تبذير المواد ، وتؤدي إلى عطب الآليات والأجهزة وتؤخر سير العمل ، وتزيد تكاليف البناء والتشغيل والصيانة ، هذا بالإضافة إلى التكاليف غير المباشرة ، وحيث أن الجرح البسيط يتطلب مساعدة طبية تكلف مبلغاً معيناً وبازدياد عدد الإصابات تزداد التكاليف ، أما بالنسبة للحادثة الكبيرة الخطرة فقد تكلف مبلغاً ليس بالقليل ، وإذا ما تعددت الحوادث الرئيسية الكبيرة فستكلف مبالغ طائلة . إن شركات التأمين وإن كانت تدفع التأمين للعامل المصاب ، فهي لا تدفع تعويضات للشركة أو المؤسسة عن قيمة الأضرار البالغة التي تحصل كنتيجة للحادث .

إن توفير وسائل السلامة وجو الأمان في ساحة العمل قد يكلف بعض المال ، لكن وقوع الحادثة يكلف أضعاف تكاليف منعها . فتطبيق قواعد الأمان السليمة والابتكارات المتعددة في مجال السلامة التي تستعمل بصورة مستمرة كوقاية تحقق الوقاية المنشودة والوقاية دائماً خير وأفضل من العلاج .

إن من أهم واجبات إدارة المشاريع ، يمثلها في ساحة العمل مدير المشروع ، أن تعمل على سيادة الأمان أثناء تنفيذ مختلف العمليات ، ويساعد مدير المشروع في ذلك جميع مرؤوسيه من مهندسين ومراقبين . وعليه أيضاً أن يضع قواعد السلامة الأساسية التي تتلائم ونوع العمل الذي يشرف عليه وينقلها بصورة واضحة وعملية إلى جميع العاملين في موقع العمل . والمشرفون والمراقبون هم الذين يتصلون مباشرة وبصورة دائمة مع كافة العاملين في الموقع بمختلف أعمالهم وأوضاعهم ، ومن الواجبات الأساسية لهؤلاء القيام بتوضيح قواعد السلامة والأمان الرئيسية لكافة العاملين فرداً فرداً أو على شكل مجموعات حسب نوع العمل وظروفه . أما قواعد السلامة الرئيسية التي يجب أن يعرفها ويعمل على تطبيقها كل مسئول في موقع عمل من مدير المشروع إلى المهندس إلى المراقب ، فهي كالتالي :

١ - شرح أسباب الحوادث لكافة العاملين في موقع العمل ، ثم إعطائهم التعليمات والتدريبات اللازمة على كيفية إنجاز العمل بأمان .
٢ - يجب أن يهيىء كافة العاملين في موقع العمل بحيث يتمكنوا من رؤية كافة الأخطار المحتملة ، كما يشجعون على تقديم التقارير عن حدوث الخلل أو الأخطاء والعيوب .
٣ - المنع الشديد مع شرح الأسباب ، لعدم الاعتناء والإهمال ، للتهور والطيش ، وللمزاح والهزل .
٤ - يجب ايصال التعليمات الجديدة وقواعد السلامة إلى كافة الأفراد العاملين في موقع العمل كلما سنحت الفرصة بذلك .

وعند قيام ضابط السلامة بواجبه ، عليه أولاً أن يحقق ويجهز ما يلي :

أ - وسائل أمينة للوصول إلى نقاط الأعمال ، مع أوضاع أمينة للعمل مبنية على نظام متكامل للعمل في جو السلامة .

ب - تجهيز وصيانة الأجهزة والمكائن والآليات الأمنية للعمل .

ج - جعل موقع العمل مرتباً منظماً نظيفاً بصورة دائمة .

د - التفكير قبل القيام بأي عمل في معرفة أسباب الحوادث مع توقع الأخطار واتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنعها .

هـ - اختيار الطريقة الأكثر سلامة وأماناً عند اتخاذ قرار القيام بعملية معينة ، إذ ليس من الحكمة اختيار الطريقة أولاً ثم التفكير في تحويلها إلى طريقة أمينة .

و - عدم التسرع في استغلال الفرص المحفوفة بالمخاطر ، فقد ينتهي الأمر بمأساة . وفي حالة ملاحظة شيء غير أمين يجب اتخاذ الإجراءات الفورية لإزالة الخطر .

ز - إسداء النصح إلى كافة العاملين في الموقع عن أسباب الحوادث ، وإعطائهم الإرشادات والتعليمات بوضوح ثم التأكد من تنفيذها . ويشمل الشرح والإيضاح تطبيقاً عملياً أمام العاملين لكيفية تنفيذ التعليمات .

ح - المحافظة على أرضية الممرات آمنة ضد التزلق وخالية من العوارض المؤدية إلى التعثر .

ط - التأكيد على كافة العاملين في الموقع بالنظر إلى الأمام وإلى ما حولهم عند المشي .

ي - يجب أن يكون ضابط السلامة وبقية المهندسين إسوة حسنة يُقتدى بهم في تطبيق قواعد وأصول السلامة .

الباب الثاني

مخطط المستقيمات

---

٢ - ١ نبذة تاريخية

شعر المهندسون والمختصون بصناعة التشييد منذ أمد بعيد بالحاجة إلى ايجاد وسيلة لبرمجة المشاريع الهندسية والسيطرة عليها . وقد بدأت المجادلات الجادة لإيجاد طريقة للبرمجة في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي . وقد تركزت جميع تلك المحاولات على النظرة البيانية للموضوع حيث تمكن « هنري ال جانت » في عام ١٩٠٠ ميلادية من اختراع طريقة مخطط المستقيمات التي لازالت تستعمل لبرمجة المشاريع الهندسية حتى اليوم .

وبالرغم من التحسينات الجوهرية التي أدخلت على هذه الطريقة فهي مازالت عاجزة عن منافسة الطرق الحديثة مثل طريقة المسار الحرج . لقد بدأت المحاولات لإيجاد طريقة للجدولة باستخدام لوحات التسلل التشغيلي « Process Flow Charts » في أوائل القرن الحالي في الصناعات الأساسية وفي صناعة البتروكيماويات . ولكن تلك الطرق ليست ذات علاقة زمنية وبالتالي فهي ليست صالحة للجدولة الزمنية للمشاريع الهندسية وبخاصة مشاريع التشييد .

إن معظم الحسابات الرياضية المستخدمة في إعداد الشبكات التتابعية لها خلفية ترتبط بمحاولات المهندسين الصناعيين عند رسم برامج إنتاج الورش وبرامج الرقابة على الإنتاج وغيرها من برامج الاستخدامات الصناعية . ولعل تلك المحاولات لإيجاد « إدارة عملية » لتنفيذ وجدولة المشاريع الهندسية ترجع كلها إلى مجهودات « فريدريك وينسلو تيلور » عام ١٩١٠ م التي مهدت الطريق فيما بعد لاختراع الأنظمة العملية الحديثة باستخدام الشبكات التتابعية لبرمجة وإدارة المشاريع الهندسية .

وقد جاءت الحربين العالميتين وما بينهما من فترة ركود وكساد علمي وحضاري لم يحدث خلاله أي تقدم يذكر في ميدان تحسين وتطوير وسائل برمجة وإدارة المشاريع الهندسية .

وفي عام ١٩٥٦ م بدأ قسم الخدمات الهندسية بشركة « دوبونت دويثمور » الأمريكية إجراء بحث علمي هام بمساعدة مجموعة من مبرمجي الحاسب الآلي في أيامه الأولى في شركة « ريمنجتون راند » وكان الهدف من البحث معرفة إمكانية استخدام الأنظمة التي يساعد فيها الحاسب الآلي لتخطيط وجدولة ومراقبة التحكم في مشاريع شركة « دوبونت » . وتوصلت تلك المجموعة إلى اختراع طريقة المسار الحرج « Critical Path Method » من قبل المجموعة الآنفة الذكر والتي

ترأسها « مورجان ووكر » من شركة « دوبونت » و « جيمز كيلي » من شركة « ريمنجتون راند » .

وفي عام ١٩٦١ م نشر البرفسور «جون فوندال » من جامعة ستانفورد الأمريكية بحثاً ومقالة علمية اقترح فيهما حلاً بديلاً لطريقة المسار الحرج التي نعرفها اليوم ، وهو نظام السبق التتابعي « Precedence Diagramming » وبموجب هذه الطريقة يوضح النشاط داخل دائرة الربط « Node » وبالتالي يمكن الاستغناء عن استخدام النشاط الصوري أو اللاوقتي « Dummy Activity » من جهة ، ومن جهة أخرى فان عملية التعديل والتحوير في هذه الطريقة أسهل منه في طريقة المسار الحرج . ومن عيوب هذه الطريقة أنها تحتاج إلى مكان أكبر من طريقة المسار الحرج لتخزين المعلومات عند استعمال الحاسب الآلي . وقد نشر « برنارد روي » في فرنسا وفي نفس الوقت بحثاً مماثلاً لما توصل اليه « فوندال » . وقد تمت تلك المجهودات والمحاولات تقريباً من قبل المدنيين في الشركات والمؤسسات والجامعات . أما على الصعيد العسكري فقد قامت مجموعة من الباحثين في البحرية الأمريكية بالاشتراك مع الشركة الاستشارية « بوز وألن وهاملتون » وبالاشتراك مع فرع شركة « لوكيهد » لأنظمة الصواريخ بإجراء بحث علمي في نفس الموضوع في منتصف الخمسينات . وكان الهدف من ذلك البحث هو ايجاد نظام للتحكم يمكن استخدامه لنظام صواريخ بولاريس الحاملة للأسلحة النووية متعددة الرؤوس . وقد نشر فريق الباحثين برئاسة كل من « فازار ومالكوم » و « روزبوم وكلارك » بحثين الأول عام ١٩٥٨ م والآخر في عام ١٩٥٩ م يصفون فيهما طريقة تقويم ومراجعة البرنامج « PERT » ذات التقرير الزمني الثلاثي المبني على نظرية الاحتمال .

وسنناقش هذه الطرق بالتفصيل في أبواب أخرى من هذا الكتاب

ولم تكن طريقة التمثيل البياني أو مخطط المستقيمات راكدة خلال تلك الفترة فهناك الكثيرون من المهندسين ورجال الأعمال في ذلك الحين ممن لم يستسيغوا استخدام طريقة المسار الحرج أو طريقة « برت » لأسباب مختلفة ، منها عدم امتلاكهم للحاسب الآلي ومنها عدم معرفة الفنيين لديهم بالحاسب الآلي وطريقة برمجته وظنهم بأن طرق الجدولة الآنفة الذكر لا يمكن استعمالها بدون مساعدة الحاسب الآلي . وانطلاقاً من هذا المبدأ فقد بذل هؤلاء المتخوفون الكثير من الجهد في سبيل تطوير طريقة مخطط المستقيمات وأدخلوا عليها كثيراً من التحسينات ، منها إمكانية التحديث « Updating » وايقاف النشاط ثم استئنافه في وقت لاحق ، ومنها إدخال استعمال المرونة الوقتية الكلية والمرونة الوقتية الحرة والمرونة المتداخلة على الترتيب .

« Total Float, Free Float and Interfering Float Respectively. »

وبالرغم من كل محاولات التطوير وإدخال التحسينات فلا زالت طريقة مخطط المستقيمات تعاني من مشكلة انعدام التتابع الزمني وارتباط النشاطات المختلفة ببعضها . وكنتيجة لهذه المشكلة فقد بدأ نجم هذه الطريقة التاريخية في الأفول شيئاً فشيئاً وأصبح استعمالها محدودا بشكل واضح وحلت محلها طريقة المسار الحرج وطريقة « برت » .

٢ - ٢ جدولة المشروع باستخدام مخطط المستقيمات

يعتبر وجود برنامج محدد لتنفيذ أي مشروع هندسي أمراً ضرورياً لنجاح تنفيذ ذلك المشروع في الوقت المحدد ، ومن هنا جاءت فكرة النص على تقديم الجدولة الزمنية للتنفيذ ضمن مسوغات العطاء من قبل المقاول في معظم المشاريع الهندسية . وعليه فان عملية التخطيط والجدولة تسهل عملية التنفيذ بتحقيق ما يلي :

أ - تحديد الوقت اللازم لوصول المواد المختلفة إلى موقع العمل .
ب - الأنواع والأعداد المطلوبة من الآليات والأجهزة والوقت اللازم لبقاء تلك الآليات في الموقع .
ج - أنواع وأعداد وفئات العمال الذين يجب استخدامهم لتنفيذ مختلف مراحل المشروع ومدة تواجد كل منهم في الموقع .
د - مدى الحاجة إلى الدعم المالي بطريق الاستدانة من البنوك أو غيرها من عدمه .
هـ - الوقت المتوقع لإكمال تنفيذ المشروع .

ويجب على المقاول أن يقوم بشيء من التخطيط والجدولة قبل تقديم عطائه لتنفيذ المشروع وكلما كانت تلك الجدولة الابتدائية أقرب إلى الواقع من حيث دقة التقويم وحساب الكميات والآليات والعمالة المطلوبة كلما كان حظ المقاول أقرب إلى الفوز بالمشروع .

مراحل التنفيذ

تبدأ عملية التخطيط والجدولة للمشاريع الكبيرة بتقسيم المشروع إلى مراحل أو أجزاء بحيث يمكن تنفيذ كل مرحلة أو جزء على حدة ، أو بشكل متناسق مع الأجزاء الأخرى . ويمكن توضيح عملية التقسيم هذه باستخدام مثال هو عبارة عن مشروع للمياه يتكون من سد لحجز المياه وشبكة للتوزيع ومحطة للتنقية .

ويمكن في تلك الحالة تقسيم المشروع إلى العناصر التالية :

أ - تنظيف وتسوية موقع الخزان .
ب - الأعمال المدنية للسد الترابي .
ج - بناء السد الخرساني وخندق التهريب « Spillway » وأجهزة التحكم .
د - تشييد محطة الضخ .
هـ - إقامة الشبكة الرئيسية والقنوات وبقية فروع الشبكة .
و - أعمال إقامة محطة تنقية المياه .

ويمكن لكل قسم من الأقسام السالفة الذكر أن ينفذ على حدة . بل أنه يمكن لكل منها أن ينفذ بواسطة مقاول مستقل . والمهم هو معرفة كمية العمل والوقت اللازم للتنفيذ لكل عملية أو

مرحلة على حدة وذلك من أجل وضع تلك المرحلة في مكانها المناسب عند التنفيذ .

وفي مثالنا السابق يجب أن ينتهي العمل من تنظيف موقع الخزان قبل تشييد السد . وكذا فإن محطة الضخ وعناصر الشبكة يجب أن تكون جاهزة لاستقبال المياه عندما يتم تخزينها بواسطة السد وهكذا .

أنشطة المشـروع

تقسم معظم المشاريع الهندسية عادة إلى عدد من الأنشطة « Activities » من أجل تسهيل عملية التخطيط والجدولة . ويمكن تعريف النشاط بأنه جزء من المشروع يمكن تنفيذه بواسطة مجموعة أو مجموعات معينة من العمال ذوي التخصصات المناسبة أو بواسطة نوع وعدد معين من الآليات والأجهزة ويمكن تقسيم مشروع بناء طريق جديد إلى النشاطات التالية :

أ ـ الاستعداد والتجهيز وإقامة المصنع والمعسكر .
ب ـ تنظيف حرم الطريق من الأشجار وغيرها .
ج ـ أعمال ترابية من إزالة وردم وغير ذلك .
د ـ بناء قنوات التصريف من جسور وعبارات وغيرها .
هـ ـ تعبيد الطريق « طبقة ما تحت الأساس ، طبقة الأساس ، السفلتة » .
و ـ إزالة المصنع وتنظيف الموقع .

كما يمكن تقسيم مشروع مبني إلى الأنشطة التالية :

أ ـ حفر وإزالة التربة الرخوة وردم الموقع بتربة منتقاة .
ب ـ عمليات الحفر للأساسات .
ج ـ بناء قواعد الأعمدة والميد .
د ـ عمليات الردم الجانبية .
هـ ـ أعمال حفر الجسات .
و ـ أعمال الردم بالخرسانة .
ز ـ بناء أساسات الجدران .
ح ـ بناء الأعمدة حتى مستوى الدور الأرضي .
ط ـ بناء الأعمدة حتى بلاطة سقف الدور الأرضي .
ي ـ كمرات وبلاطات سقف الدور الأرضي .
ك ـ بناء الجدران الطوبية حتى مستوى الدور الأرضي .
ل ـ أعمال البناء الطوبي فوق مستوى الدور الأرضي .
م ـ أعمدة الدور الأول .
ن ـ كمرات وبلاطات سقف الدور الأول .

س ـ أعمدة الدور الثاني .
ع ـ كمرات وبلاطات سقف الدور الثاني .
ف ـ بناء الجدران .
ص ـ أعمال التلييس والدهان .
ق ـ أعمال النجارة « أبواب وشبابيك » .
ر ـ أعمال صحية .
ش ـ أعمال كهربائية وميكانيكية .
ت ـ أعمال البلاط وزراعة الحدائق .
ث ـ تنظيف الموقع .

ويلي عملية التقسيم السالفة الذكر تحديد كمية الأعمال اللازمة لكل نشاط على حدة ومعبر عنها بالوحدات المناسبة مثل الأمتار الطولية أو الوحدات المربعة أو المكعبة وهكذا . وبعد تحديد كمية الأعمال بطريق القياس المبني على الرسومات ووثائق العقد المختلفة يجب معرفة معدل التنفيذ بالنسبة للزمن وذلك من واقع الآليات وأطقم العمال بفئاتهم وتخصصاتهم المختلفة وغير ذلك من العوامل التي تؤثر في معدل التنفيذ .

ومن هذه المعلومات يمكن معرفة الوقت اللازم لتنفيذ كل نشاط بقسمة كمية الأعمال لذلك النشاط على معدل التنفيذ . ويضاف عادة إلى ذلك الوقت ما بين ٢٠ و ٣٠٪ لتعويض الوقت المفقود نتيجة لرداءة الأحوال الجوية أو غير ذلك من العوامل الأخرى . وبعد تحديد المدة اللازمة للتنفيذ فإنه يمكن تحديد الوقت التقريبي لبدء كل نشاط والوقت التقريبي لانتهائه . ولابد من مراعاة التتابع الزمني للنشاطات المختلفة فلا يمكن مثلاً أن تصب خرسانة القواعد في مبنى ما قبل أن تتم عملية الحفر لتلك القواعد .

وبعد الانتهاء من العمليات السابقة يتم تمثيل كل نشاط بخط مستقيم أفقي يمثل طوله مدة التنفيذ لذلك النشاط ويراعى في بدئه التناسق والتتابع الملائم لتنفيذه بالنسبة للنشاطات الأخرى . ويجب أن يحتوي مخطط المستقيمات السالف الذكر بالإضافة إلى إسم كل نشاط ، على كمية العمل المطلوب لذلك النشاط ووحدة ومعدل التنفيذ والمدة الصغرى لتنفيذ النشاط . كما يجب أن يحتوي أيضاً على بدء ونهاية النشاط . ويمثل عادة كل نشاط بخطين مستقيمين أحدهما يمثل المعدل المتوقع عند جدولة المشروع وتحته الخط المستقيم الآخر الذي يمثل التقدم الفعلي لسير العمل بذلك النشاط . ومن الواضح أن عملية تحديد معدل التنفيذ عملية صعبة تؤثر عليها عوامل كثيرة منها فاعلية وكفاءة العمال في أداء واجبهم ودقة مقوم العملية . ولذا فإن على المهندس ألا يعتمد على تقديراته الشخصية فحسب بل عليه أن يستعين بأكثر العاملين خبرة بأعمال التنفيذ مثل المهندس المشرف أو أحد مساعديه أو رؤساء العمال أو غيرهم وذلك لاقتراح المعدل المتوقع لتنفيذ كل نشاط من أنشطة المشروع .

ويمكن للمالك بواسطة الجدولة الزمنية متابعة التقدم الفعلي للتنفيذ من واقع مخطط المستقيمات

وتذكير المقاول بين الحين والآخر بأنه متأخر عن مواكبة الخطة المقررة وعليه بذل المزيد من الجهد لكي يكتمل العمل في الوقت المحدد .

ومن الجدير بالذكر أن الخط المستقيم لكل نشاط يرتبط بالجدول الزمني ارتباطاً وثيقاً ، حيث أن اللوحة البيانية مقسمة إلى وحدات زمنية وأن بدء ونهاية كل نشاط قد حددته الخطة سلفاً وبالتالي من السهل متابعته . وتقسم عادة الوحدات الزمنية لتنفيذ المشاريع التي لا تزيد في مجموعها عن سنة واحدة إلى أسابيع أما تلك التي تحتاج إلى أكثر من سنة فتقسم إلى أشهر .

ويلاحظ أنه إذا كان زمن التنفيذ بالأسابيع فمن الأفضل أن يوضح الجدول نهاية الأسبوع ، الخميس ، مع الإشارة إلى ذلك « الأسبوع الذي ينتهي يوم الخميس ٠٠٠/٠٠٠/ ١٤٠٢ هـ » مثلاً .

ويجب أن يذكر في الجزء العلوي من مخطط المستقيات إسم المشروع وإسم المالك وموقع المشروع وفي بعض الأحيان إسم المهندس المصمم أو المهندس المشرف .

طريقة إعداد الجدولة الزمنية

قبل الشروع في إعداد الجدولة الزمنية لتنفيذ المشروع يجب أن يقسم المشروع كما أسلفنا إلى عدد من الأنشطة ، كما يجب أيضاً حساب كمية العمل الذي يشمله كل نشاط ومعدل التنفيذ المتوقع له مع الأخذ بعين الاعتبار الفاقد في الوقت نتيجة للأحوال الجوية أو لأي سبب آخر غير منظور عند إعداد الجدولة . ويجب مراعاة الناحية الاقتصادية عند إعداد الجدولة وبالتالي اختيار العدد المناسب من العمال والآليات لكل نشاط بحيث يمكن تنفيذ المشروع برمته بأقل تكلفة ممكنة .

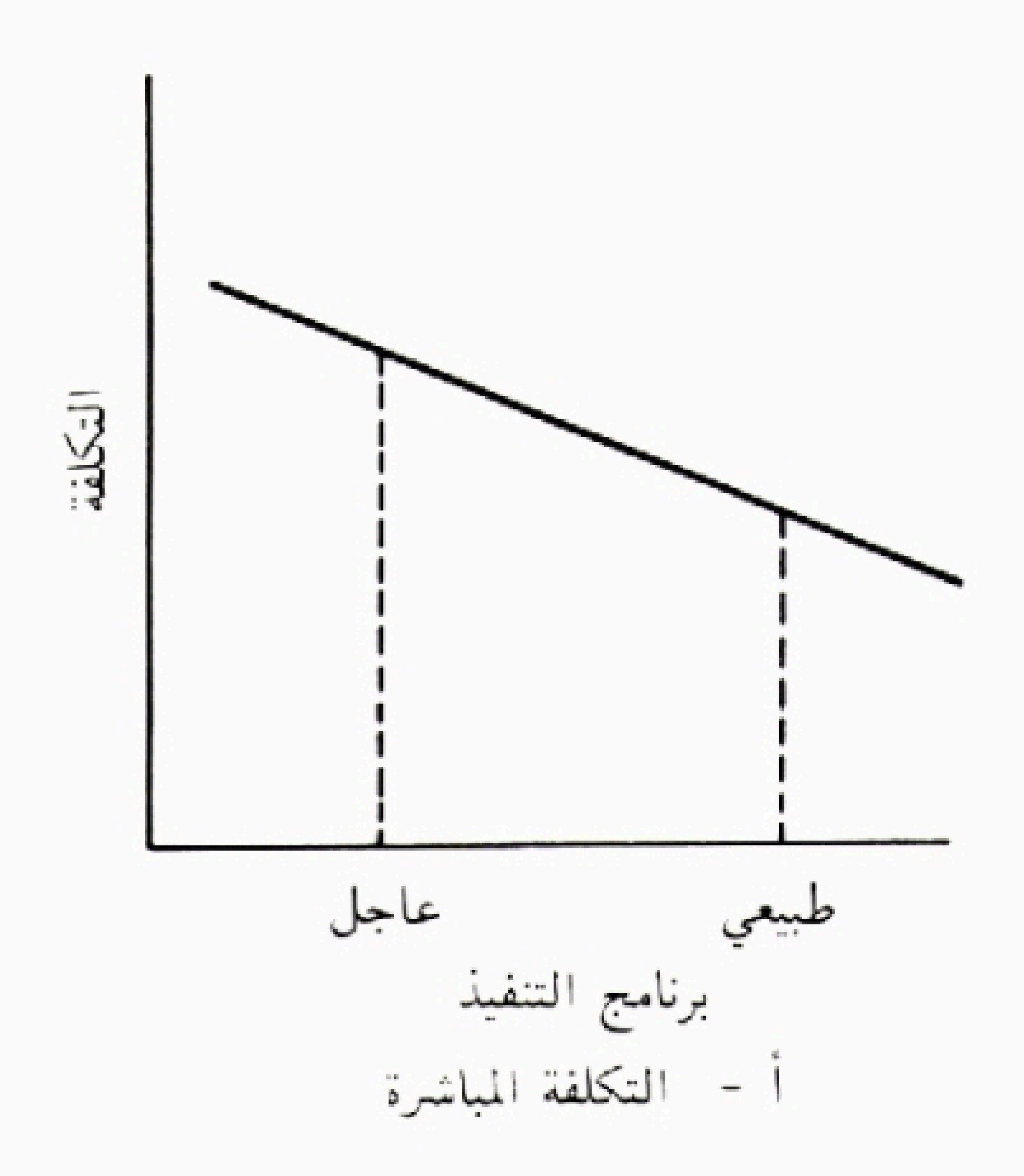
ومن المعروف أن تكاليف المشروع تنقسم إلى قسمين رئيسيين : تكاليف مباشرة وتكاليف غير مباشرة .

وتقل التكلفة المباشرة كلما طال زمن التنفيذ. أما التكلفة غير المباشرة ، ويدخل فيها أجور العاملين في المكتب الرئيسي لكل من المقاول والاستشاري وفوائد الأموال المستدانة وتكاليف التأمين وغير ذلك ، فإنها تتناسب تناسباً طردياً مع طول مدة التنفيذ . ويوضح الشكل رقم (٢-١) العلاقة الزمنية مع كل من فرعي التكلفة .

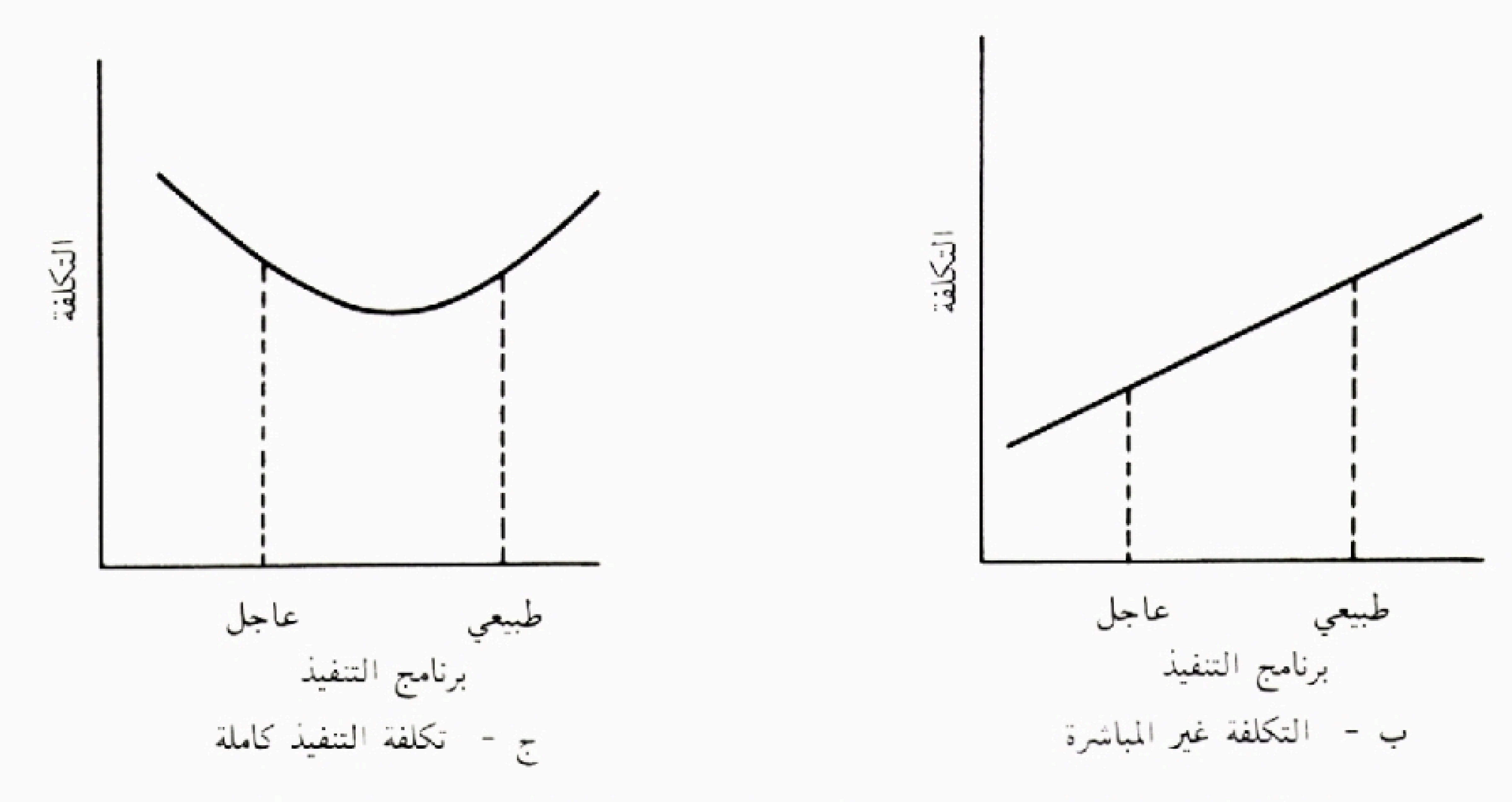
ونظراً لأن المشروع ينقسم إلى أنشطة متعددة فإنه يمكن القول أن التكلفة الإجمالية للمشروع تتبع نفس القاعدة السالفة الذكر . وفي حالة رغبة المالك في تنفيذ المشروع في مدة أقصر من المدة المثلى التي يوضحها الشكل (ج) أعلاه فإن عليه دفع مزيد من النفقات وعلى المقاول أن يجد الحل لتحقيق ذلك بأقل التكاليف . وسوف يأتي نقاش هذا الموضوع في باب لاحق .

ويمكن توضيح ما سبق بحل المثال التالي :

مثال ١ يراد بناء طريق جديد طوله ١٥ كيلومتر وعرض حرم الطريق = ٣٠ مترا ويتكون من



أ - التكلفة المباشرة



ب - التكلفة غير المباشرة

ج - تكلفة التنفيذ كاملة

الشكل (٢ - ١) العلاقة بين مدة التنفيذ وبين كل من التكلفة المباشرة والتكلفة غير المباشرة

مسارين في كلا الاتجاهين. وتبلغ مساحة المنطقةالتي تحتاج إلى تنظيف حوالي ٣٠ هكتاراً. ويشتمل مشروع الطريق على ١٠ عبارات متعددة الفتحات لتصريف السيول وتتكون كل عبارة من ثلاث فتحات وبطول معدله ١١,٥ م. ويحتاج الأمر إلى جلب تربة منتقاة لأعمال الردم من مسافة قدرها كيلومتر واحد وبكمية قدرها ١١٠,٠٠٠ م^{٣}. أما أعمال التعبيد والسفلتة فتتكون من :

(أ) طبقة الأساس وسمكها ٢٠ سم من الحجارة الجيرية المكسرة بحيث لا يزيد قطر الحجارة عن ٢,٥ سم.

(ب) الطبقة الأسفلتية وسمكها التقريبي ١٥ سم من طبقتين باردة بسمك ١٠ سم وحارة بسمك ٥ سم. ويبلغ عرض الطريق ٧,٣ م كما تبلغ المساحة التي يشملها التعبيد ١٠٩,٥٠٠ م^{٢} (١٥,٠٠٠ × ٧,٣).

وصــف المشـــروع

تنص المواصفات على إزالة الأشجار وجذورها إلى عمق ٥٠ سم تحت مستوى سطح الأرض وإزالة جميع الأشجار من الموقع أو حرقها وكذا إزالة أي أجسام غريبة أخرى قد تعترض سبيل التنفيذ . وتتكون التربة من الرمل والطمي بكثافة قدرها ١,٤٩ جم/سم٣ . ويبلغ معدل تضخم التربة ٢٥٪ كما يبلغ معدل الرطوبة في التربة الأصلية ٨٪ وتنص المواصفات على أن تكون الرطوبة النسبية للتربة ١٢٪ خلال فترة الرصف وبحيث لا يزيد سمك طبقات التربة عند الردم عن ١٥ سم . وبحيث تصبح كثافة التربة بعد الرص ١,٥٥ جم/سم٣ وستقوم بعملية الحفر وتحميل التربة في الشاحنات حفارات « شيول » بطاقة ١,٢٥ م٣ كما تبلغ طاقة الشاحنة الواحدة ٥ م٣ .

وسيتم بناء العبارات من الخرسانة التي تبلغ قوتها بعد ٢٨ يوما ، مالا يقل عن ٢١٠ كجم/سم٢ وبشرط أن تبقى التخشيبة لمدة ٧ أيام على الأقل وألا تسير الآليات الثقيلة فوق العبارات قبل مضي ١٤ يوماً من تاريخ الصب .

سيحضر الأسفلت في خلاطة ذات طاقة قدرها ١٠ م٣ من الأسفلت .

الحـــل

يمكن اعتبار الأسبوع ٥ أيام ومدة العمل ٨ ساعات في اليوم الواحد بحيث يبدأ الأسبوع يوم السبت وينتهي بانتهاء العمل يوم الأربعاء .

(أ) إقامة المعسكر وبناء وتشغيل المصنع والتهيئة والتجهيز

يحتاج الأمر إلى جانب مصنع الأسفلت إلى إقامة خزانات الجرول وخزان الأسفلت السائل وورشة لصيانة الأجهزة والمعدات ومكتب للمهندسين ومختبر لفحص المواد . كما يحتاج المعسكر إلى إقامة السكن الملائم ووسائل الترفيه وصالات الطعام للعمال والمهندسين وإلى ايصال الخدمات إلى المعسكر وخاصة الماء والكهرباء .

وتجدر الإشارة إلى أنه ليس من الضروري وصول جميع الآليات والمواد التي سيحتاج إليها في تنفيذ المشروع منذ اليوم الأول لبدء التنفيذ ولكن يجب وضع الأولويات بطريقة سليمة تحقق الاستفادة القصوى من تلك الآليات والمواد وعدم وقوف الآليات والعمال عاطلين لعدم حلول وقت الاستفادة منهم . ويقدر الوقت اللازم لإكمال النشاط الأول بأسبوعين كاملين .

(ب) تنظيف حرم الطريق من الأشجار وغيرها

سوف نفترض أن لدى المقاول كاسحتي تسوية « Bulldozers » يستطيع كل منهما أن ينظف هكتارين في الاسبوع . وهكذا يكون الوقت اللازم لتنظيف حرم الطريق كالتالي :

وقت العمل الفعلي (٣٠ هكتار بمعدل ٤ هكتارات في الاسبوع)	=	٧,٥	أسبوع
يضاق ٢٠٪ وقتاً ضائعاً	=	١,٥	أسبوع
إجمالي الوقـــت	=	٩,	أسابيع

ويمكن لعملية التنظيف هذه أن تبدأ فور وصول كاسحات التسوية إلى موقع المشروع .

(ج) منشـآت التصـريف

يعتمد تنفيذ تلك المنشآت اعتماداً مباشراً على الظروف المناخية التي سيتم فيها . فإن صادف وقت التشييد حلول موسم الأمطار لزم وضع قنوات مؤقتة لتصريف السيول بعيداً عن الأعمال الإنشائية ، ولا شك أن ذلك يستغرق وقتاً طويلاً . أما إذا تم تشييد تلك المنشآت خلال فصل الجفاف فلا داعي لاقامة القنوات المؤقتة ولذلك أثره على تخفيض مدة التنفيذ المتوقعة .

وسنفرض في مثالنا هذا أن التنفيذ قد تم خلال فصل الأمطار وعليه يمكن حساب الوقت اللازم لبناء عبارة واحدة ذات ثلاثة فتحات كما يلي :

قيام الكاسحتين بإقامة سد واقي للموقع وحفر قناة تصريف مؤقتة وحفر أساسات العبارة	=	١	يوم
التسوية والتجهيز بواسطة العمال	=	١	يوم
وضع التخشيبة وحديد التسليح للقاعدة	=	١,٥	يوم
صب الخرسانة للقاعدة	=	,٥	يوم
فترة جفاف الخرسانة	=	٧	يوم
إقامة تخشيبة الجدران والسقف وحديد التسليح لها	=	٣	يوم
صب الخرسانة للجدران والسقف	=	١	يوم
فترة جفاف الخرسانة	=	٧	يوم
إزالة التخشيبة وتنظيفها	=	١	يوم
إجمالي وقت العمل	=	٢٣	يوم
يضاف ٢٠٪ للتعويض عن الوقت الضائع	=	٥	يوم
إجمالي الوقت	=	٢٨	يوم
	أو	٥,٦	أسابيع

وحيث أنه يمكن تنفيذ أي من هذه العبارات دون الانتظار حتى إكمال الأخرى فسوف نفرض أن بإمكاننا إكمال ٤ عبارات خلال نفس الفترة أي أن المدة اللازمة لإكمال العبارات = $\frac{١٠ \times ٥,٦}{٤}$ = ١٤ أسبوعاً .

(د) أعمال الحفر والردم والرصف

طاقة جهاز الحفر = ١,٢٥ م٣ ونسبة تضخم التربة = ٢٥٪ وبالتالي فإن الجهاز سيكون بإمكانه استيعاب ما مقداره ١,٤ م٣ من التربة المحفورة . أما حجم التربة بوضعها الطبيعي فهو ١,٤ ÷ ١,٢٥ = ١,١٢ م٣ فإذا كان بإمكان الجهاز عمل دورتين في الدقيقة (وذلك يعني إضافة ٢٠٪ تعويضاً للوقت الضائع) كان إنتاج الجهاز ١,١٢ × ٢ = ٢,٢٤ م٣ في الدقيقة أو ١٣٤,٤ م٣ في الساعة .

فإذا كانت طاقة الشاحنة = ٥ م٣ ويمكنها عمل دورة كاملة ذهاباً وإياباً وتعبئة وتفريغا في ١٢ دقيقة فإن بإمكاننا حساب عدد الشاحنات اللازمة للعملية على اعتبار أن الشاحنة تعمل بمعدل ٥٠ دقيقة في الساعة كما يلي :

عدد الرحلات في الساعة للشاحنة الواحدة	=	٥٠ ÷ ١٢	=	٤,١٧
وحجم المواد المنقولة بواسطة شاحنة واحدة في الساعة	=	٤,١٧ × ٥	=	٢٠,٨٥ م٣
عدد الشاحنات اللازمة	=	١٣٤,٤ ÷ ٢٠,٨٥	=	٦,٤٥ (أي ٧)

وربما لزم توفير شاحنة إضافية لاستخدامها في حالة عطل إحدى الشاحنات الأخرى .

سيبلغ حجم التربة المنقولة في الأسبوع	=	١٣٤,٤ × ٤٠	=	٥٣٧٦ م٣

والوقت اللازم لإكمال نقل التربة كما يلي :

وقت العمل الأصلي	=	١١٠,٠٠٠ بمعدل ٥٣٧٦ م٣ في الأسبوع
	=	٢٠,٤٦ أسبوع
يضاف ٢٠٪ لتعويض الوقت الضائع	=	٤,٠٩ أسبوع
إجمالي الوقت	=	٢٤,٥٥ أسبوع
أو	=	٢٥ أسبوع

ولابد من الإشارة هنا إلى ضرورة وجود واحد أو اثنين من آليات التسوية « Graders » وعدد كاف من الرصاصات ذوات الحجم المناسب وكذا شاحنات رش الماء لرفع نسبة الرطوبة فيه . ويمكن القول بأن جهازاً واحداً للتسوية وشاحنة واحدة لرش الماء طاقتها ٧,٥ م٣ ورصاصة ذات ثلاث عجلات ستكون كافية لإتمام أعمال الردم والرص . ويمكن حساب هذه الأعداد بصورة أكثر دقة .

(هـ) أعمال التعبيد

أولاً : طبقة الأساس ـ بسمك ٢٠ سم

كمية الأحجار المحطمة = $\frac{١٠٩,٥٠٠ \times ٢٠}{١٠٠}$ = ٢١٨٠٠ م٣

فإذا استعملت كسارة عيار ٢٠ بطاقة قدرها ٢٠٠ طن/ساعة وجهاز تعبئة الشاحنات بطاقة قدرها ١,١٤٥ م^{٣} كان الناتج ما يلي :

إذا كان بإمكان الجهاز عمل دورتين في الدقيقة (٢٠٪ للوقت الضائع) فتصبح طاقته ٢ × ١,١٤٥ = ٢,٢٩٠ م^{٣}/ دقيقة أو ١٣٧,٤ م^{٣}/ ساعة فإذا كانت الكسارة تقع في منتصف طول الطريق مثلاً فسيكون بإمكان الشاحنة عمل رحلة واحدة كل ٣٥ دقيقة ذهاباً وإياباً .

عدد الرحلات للشاحنة الواحدة في الساعة = ٥٠ ÷ ٣٥ = ١,٤٣
« بكفاءة ٥٠ دقيقة/الساعة » .
حجم المواد المنقولة في الساعة = ٥ × ١,٤٣ = ٧,١٥ م^{٣}
عدد الشاحنات اللازمة لإتمام العملية = ١٣٧,٤ ÷ ٧,١٥ = ١٩,٢ أو ٢٠ شاحنة
كمية المواد المنقولة في أسبوع = ١٣٧,٤ × ٤٠ = ٥٤٩٦ م^{٣}
الوقت اللازم لتنفيذ العملية = ٢١٨٠٠÷٥٤٩٦ = ٣,٩٧ أسبوع

وبالإضافة إلى الآليات السابقة الذكر سيحتاج الأمر إلى جهازي تسوية « Graders » ورصاصة على الأقل لمدة ٤ أسابيع مضافاً اليه أسبوع خامس للوقت الضائع .

ثانياً : طبقة الأسفلت البارد بسمك ١٠ سم

كمية المواد اللازمة للتعبيد = $\frac{١٠٩٥٠٠ \times ١٠}{١٠٠}$ = ١٠,٩٠٠ م^{٣}

فإذاً تم استعمال مصنع طاقته الإنتاجية = ١٢٠٠ طن في اليوم

ولنفرض أن مصنع الأسفلت يقع هو الآخر في منتصف الطريق فإن بإمكان الشاحنات « ٢٠ شاحنة » المستخدمة لنقل طبقة الأساس ، نقل الأسفلت أيضاً . وإذا كانت حمولة الشاحنة ١٠ أطنان فإن بإمكانها نقل ١٠ × ١,٤٣ = ١٤,٣ طن/ ساعة .
ويكون بإمكان الأسطول كله نقل ٢٠ × ١٤,٣ = ٢٨٦ طن/ساعة أو
٢٨٦ × ٤٠ = ١١٤٤٠ طن في الأسبوع .
وبفرض أن كثافة المخلوط = ٢,٢ جم/سم^{٣} .
حجم الكمية المنقولة أسبوعياً = ١١٤٤٠ ÷ ٢,٢ = ٥٢٠٠ م^{٣}
الوقت اللازم للعملية = ١٠٩٠٠ ÷ ٥٢٠٠ = ٢,١ أسبوع
بإضافة ٢٠٪ للتعويض عن الوقت الضائع = ٠,٤٢
إجمالي المدة = ٢,٥٢ أسبوع
أو ثلاثة أسابيع

وبالإضافة إلى ما تقدم سيحتاج العمل إلى فرادة أسفلت ورصاصتين أحدهما ذات عجلات فولاذية والثانية ذات عجلات مطاطية .

ثالثاً : طبقة الأسفلت الحار بسمك ٥ سم

يمكن حساب كمية العمل ومدته وأنواع الآليات بنفس الطريقة السابقة وسنفرض في مثالنا هذا أن المدة اللازمة ستكون مساوية للمدة اللازمة لطبقة الأسفلت البارد وستكفي الآليات والأجهزة التي استخدمت لنفس الغرض في حالة الطبقة الباردة .

وبناءاً على ما تقدم فستكون مدة تنفيذ أعمال التعبيد ١١ أسبوعاً .

(و) إزالة المعسكر والمصنع والتنظيف

من المعروف أنه يمكن إزالة معظم الآليات والأجهزة في مدة أقصر من مدة إقامتها لذلك فإننا سنحدد مدة اسبوعين كاملين في هذا المشروع لإزالة المعسكر والمصنع وتنظيف الموقع . ويبين الشكل (٢-٢) مخطط المستقيمات لتنفيذ المشروع ويلاحظ أن المشروع سيبدأ تنفيذه يوم السبت ١٦ صفر ١٤٠٢ هـ الموافق ١٩٨١/١٢/١٢ م وسوف يستغرق تنفيذه ٣٦ أسبوعاً ، وذلك بواقع ٤٠ - أربعين ساعة في الأسبوع موزعة على ٥ أيام تبدأ يوم السبت وتنتهي بنهاية أعمال يوم الأربعاء ، بمعدل ٨ ساعات يومياً .

ويتضح من مخطط المستقيمات لتنفيذ المشروع شكل (٢-٢) أن الأشهر قد وضعت في أعلى القائمة تليها أرقام أسابيع العمل مسلسلة من بداية العمل حتى نهايته ، وأخيراً التاريخ الذي يصادفه يوم السبت الذي بدء به ذلك الأسبوع . ويلاحظ أن الوحدة الزمنية لتنفيذ مشروعنا هذا هي الأسابيع ، لأن مدة التنفيذ أقل من عام واحد . ويكون من الأفضل أن تستعمل الأشهر كوحدة زمنية اذا كانت هذه المدة أكثر من عام . أما إذا كان وقت التنفيذ في حدود شهر واحد فيفضل أن تكون الوحدة الزمنية بالأيام .

ويمكن للمرء أن يستنتج أن مخطط المستقيمات يمكن استخدامه لارسال طلبيات المواد وكذا لتحديد مواعيد وصول الآليات ومجموعات العمال ذوي الإختصاصات المختلفة .

وعليه فإنه على المبرمج أن يأخذ في الحسبان بذل الجهود الكفيلة لوصول المواد والآليات والعمال في الوقت المناسب ، فليس من مصلحة العمل ولا يكون مقبولاً من الناحية الاقتصادية أن يصل العمال أو الآليات أو المواد قبل أو بعد الوقت الأمثل لوصولهم . فإذا وصلت المواد مثلاً قبل الحاجة إليها ، فسوف ينتج عن ذلك مشكلة تخزينها والمحافظة عليها وربما تعرضت للتلف تبعاً لتأثرها بالعوامل الجوية أو غيرها . ولو تم وصول الآليات أو العمال قبل أن يحين الوقت المناسب لحضورهم فسيبقون عاطلين عن العمل وتكون نتيجة ذلك تحميل المشروع أعباءاً مالية كان الأحرى أن تصرف في وجهها الصحيح .

ومن الواضح أن تأخر أي من الآليات أو المواد أو العمال يؤدي إلى تأخر سير العمل عن البرنامج المقرر ولذلك مساوءه التي لا تخفى ، ويقوم عادة المهندس المقيم ومدير المشروع بالتشاور على ضرورة إجراء أي تعديل للبرنامج قبل وضعه موضع التنفيذ .

برنامج التنفيذ

رقم المشروع : ٥٨

اسم المشروع : طريق الرياض ـ المنصورية

المالك : وزارة المواصلات

موقع المشروع : جنوبي مدينة الرياض

تاريخ تنفيذ المشروع : ١٤٠٢ هـ

تاريخ إعداد البرنامج ٢/صفر/١٤٠٢ هـ ٢٨/١١/١٩٨١ م

البرنامج المتوقع

التقدم الفعلي

رقم النشاط	اسم النشاط	كمية العمل	الوحدة	[illegible]	[illegible]	صفر	ربيع الأول	ربيع ثاني	جمادى الأول	جمادى ثاني	رجب	شعبان	رمضان	عطلة رسمية ١٤٠٢/٩/٢٧ إلى ١٤٠٢/١٠/٣ هـ	شوال	ذي القعدة
						١ ٢	٣ ٤ ٥ ٦ ٧	٨ ٩ ١٠ ١١	١٢ ١٣ ١٤ ١٥	١٦ ١٧ ١٨ ١٩	٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤	٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨	٢٩ ٣٠ ٣١		٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥	٣٦
						٢٣١٦	١ ٨ ١٥ ٢٢ ٢٩	٦ ١٣ ٢٠ ٢٧	٥ ١٢ ١٩ ٢٦	٣ ١٠ ١٧ ٢٤	٢ ٩ ١٦ ٢٣ ٣٠	٧ ١٤ ٢١ ٢٨	٦ ١٣ ٢٠		٤ ١١ ١٨ ٢٥	٢
١	اقامة المعسكر والمصنع والتهيئة والتجهيز	كاملة	—	—	٢											
٢	تنظيف حرم الطريق	٣٠	[illegible]	٤	٩											
٣	منشآت التصريف	١٠×٣	وحدة	[illegible]	١٤											
٤	أعمال الردم والرص	١١٠,٠٠٠	م³	[illegible]	٢٥											
٥	أعمال التعبيد	١٠٩٥٠٠	م²		١١											
٦	إزالة المعسكر والمصنع والتنظيف	كاملة	—	-	٢											

شكل (٢ - ٢) التمثيل البياني لبرنامج تنفيذ المشروع

وبالإضافة إلى استخدام الجدولة الزمنية كمؤشر لمواعيد المواد والآليات والعمال بمختلف فئاتهم فهو ذو فائدة كبيرة في تحديد برنامج تمويل المشروع ونوع وزمن ومقدار السيولة النقدية اللازم توفيرها خلال فترات التنفيذ .

ولابد أيضاً بالإضافة إلى مخطط المستقيات لبرنامج التنفيذ من إعداد برنامج لحسن استغلال وقت العمال وآخر لاستغلال وقت الآليات ، وموازنة ذلك بحيث لا يكون هناك طلب عال عليها في وقت ما بينما تبقى شبه عاطلة خلال وقت آخر .

كما يجب تخطيط الموقع وتوضيح أماكن المكاتب والمستودعات وأماكن تخزين المواد والآليات وغيرها . ويجب على المبرمج عند إعداد مخطط الموقع أن يراعي النواحي الاقتصادية والتنظيمية بحيث يكون تخزين المواد قريباً من أماكن استعمالها بقدر الإمكان مع محاولة تفادي تقاطع خطوط المواصلات في موقع العمل ما أمكن ذلك .

كما يجب أن يكون موقع المكاتب والمستودعات قريباً من المدخل حتى يكون الوصول إليها سهلاً ، وفي ذلك تخفيض لاحتمال خطر تعرض الأشخاص للحوادث .

٢ - ٣ تحديث البرنامج أثناء سير العمل

بعد أن يتم إعداد الجدولة والتأكد من صحتها وملاءمتها توضع عادة موضع التنفيذ ويتم التمشي بموجبها ، ولكن سرعان ما يكتشف مدير المشروع ومساعدوه أن هناك معطيات ومتغيرات جديدة لم تكن بالحسبان عند إعداد برنامج التنفيذ مثل تأخر وصول بعض المواد أو الآليات أو العمال أو حدوث خلل ما يسبب عرقلة سير الأعمال .

يضاف إلى ذلك أيضاً أن إعداد الجدولة من أساسه كان مبنياً على تقديرات شخصية لمجموعة من ذوي الخبرة والكفاءة وبالتالي فإن تلك التقديرات ستكون عرضة للزيادة والنقص تبعاً لكفاءة العمال وظروف العمل وفاعلية الآليات وغير ذلك من العوامل التي تؤثر على معدل التنفيذ للأنشطة المختلفة سلباً أو ايجاباً .

ونتيجة للعوامل السالفة الذكر فإن مدير المشروع ومساعدوه سيجدون أنفسهم مضطرين إلى إجراء عملية تحديث لبرنامج التنفيذ تقتضي إعادة تقويم الوقت اللازم لأنشطة المشروع الجاري تنفيذها بالإضافة إلى تلك التي لم يبدأ تنفيذها بعد .

وتتم عادة عملية التحديث نتيجة لأحد الأسباب الثلاثة التالية :

١ - التغير في طول مدة تنفيذ الأنشطة

٢ - إعادة جدولة بعض الأنشطة ، أي تقديم أو تأخير ترتيبها عما كانت عليه حسب البرنامج الأصلي نتيجة لمحاولة الاستفادة من الإمكانيات المتوفرة مثل العمال والآليات .

٣ - تغير خطة واستراتيجية تنفيذ المشروع . ويكون حدوث مثل هذا التغيير ضرورياً نتيجة تغير الظروف أو حدوث متاعب أو سنوح فرص لم يمكن التنبؤ بها من قبل أمراً ميسوراً .

وقد يشمل التغيير في الخطة على إضافة أنشطة واعتمادها على بعضها البعض أو تعديل جزء من المشروع بأكمله وربما حدث أكثر من واحد من هذه التغييرات في نفس الوقت . وهناك عدة طرق يمكن استخدامها لإجراء التحديث وهي :

(١) إعادة تقويم جميع أنشطة المشروع وتحديد مدة تنفيذ كل منها من جديد وتسمى هذه الطريقة « طريقة القطع المباشر » ، وذلك لأن المبرمج تبعاً لهذه الطريقة يقسم برنامج المشروع إلى قسمين .

قسم تم تنفيذه وقسم لم ينفذ بعد . فبالنسبة لتلك الأنشطة التي هي تحت التنفيذ وقت إجراء عملية التحديث يحدد المبرمج النسبة المئوية للأعمال المتبقية والمدد الزمنية المتوقعة لإكمال كل منها . وتعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق من حيث شمولها للمشروع بأكمله إلا أنه يؤخذ عليها المجهود الكبير الذي يجب بذله مع أنه قد يكون هناك أنشطة لم تتأثر بالتغيير ، خصوصاً إذا كانت عملية التحديث هذه تتم بطريقة يدوية .

(٢) طريقة التجزئة . وفي تلك الطريقة يتم تقسيم المشروع إلى فصائل مرتبطة مع بعضها البعض وتتم عملية التحديث للفصيلة التي تأثرت بعملية التحديث فقط . ومن مزايا هذه الطريقة سهولة إجرائها والاستغناء عن استخدام الحاسب الآلي لتحقيقها .

(٣) طريقة الاختبار والمراجعة . وفي هذه الطريقة يقوم المبرمج باستعراض لبرنامج المشروع كما يمثله مخطط المستقيمات أو الشبكة التتابعية ويؤشر على الأنشطة التي سوف تتأثر بعملية التحديث بإشارة مميزة ثم يقوم بإجراء التعديل الجزئي دون المساس بالأنشطة الأخرى التي لم تتأثر بالتحديث .

وأخيراً تنقح الجدولة من جديد وتعاد صياغتها ومن ثم العمل بها حتى يحين وقت التحديث القادم .

وتتم عادة عملية التحديث هذه مرة كل شهر أو كلما دعت الحاجة إلى ذلك . وبعد إعداد وتنقيح الجدولة التي تم تحديثها تسلم نسخة منه للاستشاري الذي يشرف على تنفيذ المشروع ، كما تسلم أيضاً نسخة منه مع التقرير الشهري عن تقدم العمل الذي يقدم للمالك . وعند إعداد مخطط المستقيمات الرئيسي يترك المبرمج عادة مساحة فارغة تحت كل قضيب بياني تستخدم عادة لاجراء التحديث أو للتقدم الفعلي لسير العمل .

مثـــال ٢

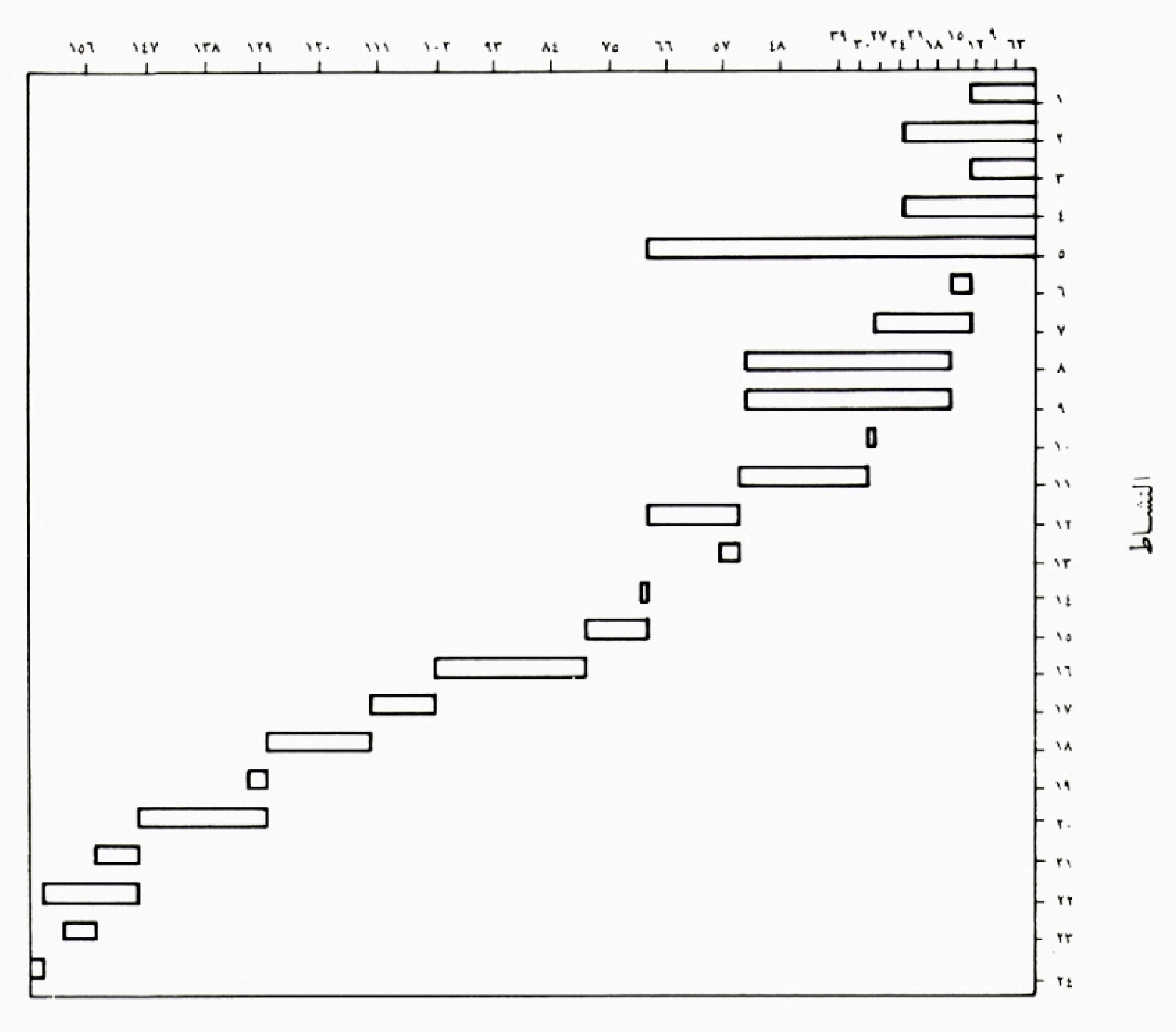
تعتزم إحدى الشركات بناء جسر كبير يربط ضفتي بحيرة ببعضها ونظراً لضعف مقاومة قاع البحيرة عند طرفي الجسر فقد قرر المهندسون بناء برج ضخم من الخرسانة (Pier) يقام عليه الجسر ، ويتكون مشروع البرج من النشاطات الموضحة في الجدول (٢-١) ، كما يبين شكل (٢-٣) لوحة التمثيل البياني للمشروع .

جدول (٢ - ١) **الأنشطة المختلفة لمشروع البرج**

النشاط	وصف الأعمال	التسلسل	مدة التنفيذ بالأيام
١	التهيئة والتجهيز	—	١٠
٢	تأمين أوتاد الخرسانة (خوازيق)	—	٢٠
٣	تأمين الأوتاد الفولاذية	—	١٠
٤	جلب الحجارة والدبش	—	٢٠
٥	جلب حواجز الاصطدام المطاطية	—	٦٠
٦	إقامة الورشة وساحة الصب	١	٣
٧	تسوية قاع البحيرة	١	١٥
٨	صناعة الأغطية الخرسانية سابقة الصب	٦	٣٢
٩	صناعة سقف البرج من الوحدات مسبقة الصب	٦	٣٢
١٠	الحفر للكمرات الساندة	٧	١
١١	غرز الأوتاد الخرسانية (الخوازيق)	٢ ، ١٠	٢٠
١٢	بناء الكمرات الساندة	١١	١٤
١٣	غرز خوازيق الاصطدام	٣ ، ١١	٣
١٤	أعمال الردم	١٢	١
١٥	وضع الحجارة والدبش	٤ ، ١٢ ، ١٣	١٠
١٦	إقامة الأحزمة والشدات	١٥	٢٣
١٧	تركيب الأغطية	٨ ، ١٦	١٠
١٨	رفع وحدات سقف البرج	٩ ، ١٧	١٦
١٩	أعمال تركيب وحدات السقف	١٨	٣
٢٠	أعمال الخرسانة العادية	١٨	٢٠
٢١	إزالة الشدات والأحزمة	٢٠	٧
٢٢	تركيب حواجز الاصطدام المطاطية	٥ ، ٢٠	١٥
٢٣	أعمال ميكانيكية	٢١	٥
٢٤	تنظيف الموقع وإزالة الآليات	١٤ ، ١٩ ، ٢٢ ، ٢٣	٢

٢ - ٤ مميزات وعيوب مخطط المستقيمات لإدارة المشاريع الهندسية

يعتبر العامل النفسي واحداً من أهم العوامل التي تجعل طريقة مخطط المستقيمات لجدولة تنفيذ المشاريع الهندسية أيسر فهماً وأكثر قبولاً واستحساناً ، خاصة بالنسبة لأولئك الذيم لم يعتادوا على استعمال الحاسب الآلي والاستفادة من طاقته الهائلة . ولسنا بصدد الحديث عن التأثير النفسي وما



شكل (٢ - ٣) التمثيل البياني لمشروع البرج

يفعله بوجه عام فذلك علم قائم بذاته ولكن ما نحاول قوله هو أن الإداريين الذين لا يهوون التعامل مع الرياضيات ولا يطيقون حتى دخول صالات الحاسب الآلي يجدون في مخطط المستقيمات راحة كبيرة ، حيث يسهل عليهم تتبع كل نشاط بواسطة قراءة المعلومات المكتوبة على مخطط المستقيمات الذي يمثل ذلك النشاط .

ومن مميزات هذه الطريقة لجدولة المشاريع الهندسية إلى جانب بساطتها وسهولة متابعتها وتحديثها ، هو أنها تحقق مبدأ الاعتماد الجزئي على نشاط بواسطة نشاط آخر دون الحاجة إلى تقسيم النشاط السابق إلى جزئين حيث نضطر إلى ذلك عند استخدام طريقة المسار الحرج . فمثلاً ، يمكن لأعمال بناء عبارات تصريف السيول في مشروع طريق جديد أن تبدأ بعد إتمام جزء واحد فقط من نشاط تنظيف حرم الطريق . كما أنه يمكن أن تظهر أيام العطل والأجازات الرسمية على برنامج التمثيل البياني كما فعلنا ذلك في مثال رقم (١).

وهناك مزايا أخرى ثانوية لطريقة مخطط المستقيمات يمكن للقارىء أن يلمسها بنفسه . أما عن عيوب هذه الطريقة فأهمها عدم توفير خاصية ايضاح الاعتماد والتتابع بين أنشطة المشروع ،

بالإضافة إلى أن إعداد الجدولة وتحديثها كلما دعت الحاجة إلى ذلك يستغرق وقتاً طويلاً ، خاصة بالنسبة لأولئك الذي مازالوا يستعملون الطريقة اليدوية .

ويمكن أيضاً تحويل الجدولة المعدة بطريقة المسار الحرج إلى مخطط المستقيمات بسهولة تامة ولكن العكس يستغرق وقتاً وجهداً كبيرين .

الباب الثالث

تخطيط المشروع والجدولة الزمنية بطريقة المسار الحرج

تعتبر طريقة المسار الحرج من الأدوات الجيدة والحديثة نسبياً لتخطيط وإدارة المشاريع المتعددة . وتتكون هذه الطريقة أساساً من التعبير عن خطة مشروع ما بشبكة تمثل التتابع والعلاقات التبادلية لكل المراحل التي يتكون منها المشروع ، وكذلك التحليل المنطقي لهذه الشبكة ، وذلك لتحديد وحساب برنامج العمل الأمثل .

تستخدم أسماء متعددة ومترادفة لطريقة المسار الحرج ، مثل تحليل الشبكة ، تحليل المسار الحرج ، جدولة المسار الحرج والتقدير الأقل كلفة والجدولة ، لكن طريقة المسار الحرج هو الإسم الأكثر شيوعاً (وسنختصره إلى ط م ح) وقد ازدادت الآن أهمية طريقة المسار الحرج ، بحيث أصبحت هذه الطريقة تستخدم ـ بالإضافة إلى الأعمال الإنشائية ـ في تخطيط برامج البحوث ، وفي تخطيط الصيانة وموضوعات متعددة في مجال العمليات الصناعية .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن أي مشروع إنشائي يشمل بعض الأعمال التي يصعب التقدير الحقيقي لها ، لكن بالرغم من ذلك فإنه يمكن الاستفادة من طريقة المسار الحرج لإدارة هذه المشاريع مع مراجعة الحسابات عند التغيير الناتج عن الظروف الفعلية للتشغيل وظهور بعض المشاكل في موقع العمل .

يواجه المخطط مجموعة من التساؤلات بعد اتخاذه قرار استخدام الشبكة لتخطيط مشروعه . فقد يكون السؤال الهام هو : كيف يمكن تنظيم هذا المشروع ؟ وقد نلاحظ بمراجعة مستندات المشروع أنه مقسم لأجزاء ، لكن مازال السؤال يطرح نفسه : هل هذه الأقسام مناسبة لأعمال الجدولة أم لا ؟

تحتوي المشروعات الكبيرة على مراحل إنشائية متعددة . ويمكن الاستدلال على ذلك بمشروع بناء سد لمراقبة الفيضان وتوليد الكهرباء وتنظيم توزيع مياه الري والشرب ، ومشروع آخر هو بناء مصنع كبير متعدد الورش والمعامل ، ومشروع ثالث هو عبارة عن بناء مدينة سكنية بمرافقها ، ويمكن تقسيم هذه المشاريع إلى مراحل مختلفة . فمثلاً في حالة إنشاء مصنع كبير يمكن

تعريف المراحل كالتالي :

- تجهيز الموقع
- إنشاء المصنع
- سفلتة ورصف الطرق الخاصة بالمصنع
- إنشاء محطة الكهرباء وشبكة التوزيع
- إنشاء المرافق الأخرى والخدمات .. الخ .

وبالنظر إلى هذه المراحل فإننا نجد أن كل منها يصلح أن يكون مشروعاً قائماً بذاته ، بالرغم من كونها جزءا من المشروع الرئيسي . ويمكن تقسيم مراحل الإنشاء إلى عمليات متعددة تعرف بالعناصر الرئيسية ، فمثلاً عند تقسيم مرحلة إنشاء محطة الكهرباء يمكن للمخطط أن يقسمها كما يلي :

- إنشاء الأساسات
- تركيب الهيكل الإنشائي
- سباكة وصب الأرصفة
- أعمال الأسقف
- تركيب التوربينات والمولدات الكهربائية

ومرة أخرى نجد أن هذه العناصر الرئيسية مازالت كبيرة وتحتاج إلى أنشطة متعددة وعلى هذا نجد أن العمليات الرئيسية يمكن تقسيمها إلى عمليات أصغر وتسمى عناصر رئيسية وهذه تقسم بدورها إلى عناصر ، تقسم بعد ذلك إلى أنشطة .

٣ - ١ التعريفات الأساسية

قبل البدء في شرح إدارة المشاريع باستخدام طريقة المسار الحرج وكيفية الرقابة على هذه المشاريع ، يجدر بنا البدء في تعريف مكونات هذه الطريقة .

٣ - ١ - ١ النشـــاط

يستخدم التخطيط الشبكي للتعبير عن تنظيم كل مرحلة من مراحل المشروع وسيفترض في التعريفات التالية أنه توجد علاقة واحدة فقط بين أي نشاطين . ويضع هذا الشرط قيدا على التخطيط يحتم اختبار أي نشاط بحيث تكون كل الأنشطة التي قبله قد تمت . وإذا اعتبرنا أن نشاطاً ما يعتمد على جزء من نشاط سابق فيجب في هذه الحالة تقسيم النشاط السابق إلى نشاطين ، أحدهما هو السابق للنشاط تحت الدراسة ونشاط آخر لا يعتمد عليه النشاط تحت الدراسة . ومعنى هذا أن النشاط هو الوحدة الصغيرة في المشروع والتي لا يمكن تقسيمه . وعلى ذلك يمكن تعريف النشاط كما يلي : -

النشاط هو وحدة في المشروع والتي يمكن التعبير عنها في خلال الوقت المحدد لها

وعلى ذلك يكون النشاط هو أي عمل ، أو قرار يستغرق وقتاً . ولا توجد أي علاقة طردية بين الوقت الذي يستغرقه النشاط وبين التكاليف والإمكانيات المطلوبة له ، فإذا كان وقت النشاط قليلا لا يشترط أن تكون التكلفة والإمكانيات المطلوبة له قليلة والعكس أيضاً ليس صحيحاً ، بل أن هذه العلاقات يحددها نوع النشاط ومن ثم نوع المشروع .

وتجدر الإشارة هنا إلى نوع خاص من الأنشطة ألا وهو النشاط اللاوقتي . ولا يعتبر هذا النشاط شاذاً عن القاعدة العامة لتعريف النشاط ، بل يمكن النظر اليه على أن قيمته الزمنية صغيرة جداً بالمقارنة بالأنشطة الأخرى مما يجعلنا نقرب قيمته إلى الصفر . ويستفاد من النشاط اللاوقتي للتعبير المنطقي لشبكة المشروع ، والحفاظ على نظام الترقيم لها أو لتحديد بعض الأحداث الخاصة بالمشروع . وعلى هذا فإن الأنشطة اللاوقتية تتفق مع التعريف الخاص بالنشاط ولكنها لا تحتاج إلى أية إمكانيات لتنفيذها . ومع أن تعريف النشاط عام وشامل إلا أننا نحتاج إلى معرفة الأنواع المختلفة للأنشطة والتي تشمل الأنشطة الإنتاجية وأنشطة التوريد .

الأنشطة الإنتاجية « Production Activities »

تؤخذ هذه الأنشطة من المخططات ومواصفات المشروع وتعتبر هي الأنشطة الواضحة ، وتشمل استخدام مصادر المواد الخام ، والقوى العاملة ، والماكينات والمعدات . وتستغرق هذه الأنشطة الجزء الأكبر من الوقت اللازم لإتمام المشروع .

أنشطة التوريد « Procurement Activities »

تعتبر هذه الأنشطة من الأعمال الصعبة في عمليات الإنشاء وتخطيط المشروعات . وتمتد هذه الأنشطة من شراء مستلزمات نمطية بسيطة إلى مستلزمات خاصة معقدة . ويجب التمييز بين المواد والمستلزمات التي يحتاجها العامل يومياً وبين الأنشطة المقصودة هنا . فتشمل هذه الأنشطة المستلزمات التي تحتاج إلى أمر توريد قد يستغرق وقتاً طويلاً أو قصيراً ، ويجب أن تؤخذ في الاعتبار عند رسم شبكة المشروع بحيث تتوفر هذه المستلزمات في الوقت المحدد لها . وتتعدد هذه الأنشطة ، مثل شراء مواد خام وتوفيرها بموقع العمل ، أو شراء معدات تكون جاهزة أيضاً بموقع العمل استعداداً لتركيبها وكذلك التصاريح والتراخيص الخاصة ببدء العمل في أي مشروع .

٣ - ١ - ٢ قائمة الأنشطة

تتكون شبكة المشروع من مجموعة كبيرة من الأنشطة المختلفة ، وتعتمد درجة تقسيم المشروع إلى أنشطة على تحديد المستفيد (المستخدم) للشبكة ، ودرجة اهتمامه واستخدامه للبيانات المتوفرة من هذا التقسيم . ونظراً لتعدد مستويات الإدارة والرقابة فقد وجد أنه من الأنسب تكوين عدة شبكات للمشروع يستفاد منها في المستويات المختلفة للإدارة العليا ، ويلي ذلك تقسيم الأنشطة إلى مكوناتها البسيطة حتى الوصول لمستويات الإدارة التنفيذية .

وليست هذه الطريقة الوحيدة لتمثيل شبكة المشروع للاستفادة منها لمستويات الإدارة المختلفة . فيمكن البدء بطريقة عكسية وذلك بإعداد شبكة تفصيلية للمشروع ثم التدرج بها

حتى الوصول للشبكة الشاملة التي تستخدم لمستويات الإدارة العليا . وقد وجد في بعض المشاريع أنه من الأنسب العمل بالطريقتين معاً في نفس الوقت . ولا توجد طريقة موحدة يمكن سردها لتكون قاعدة يجب اتباعها عند تقسيم أي مشروع إلى أنشطة . فقد نجد أن أساس التقسيم يمكن أن يكون الاحتياجات للمصادر البشرية أو تقسيم العمل أو موقع العمل .

يتضح مما سبق أن تكوين قائمة الأنشطة تعتمد على مجموعة من العوامل التي يقدمها المخطط ، وعلى هذا الأساس فإنه من الصعب أن يتفق محللان في القرارات عند مراجعة المخططات والمواصفات ، وعلى ذلك فإنه من المعتاد أن يقترحا قائمتين مختلفتين للأنشطة ، وحتى في حالة مطابقة قائمتين للأنشطة فإنه قد يكون هناك اختلاف في الاعتمادية ، ويقصد بقائمة الأنشطة تقسيم المشروع إلى أنشطته المختلفة مع تحديد الاعتمادية لكل منها .

لتوضيح ذلك ، نعتبر المشـ روع التالي : يتكون المشروع من إعادة تحديث معمل كيميائي ، وتحتوي مستندات المشروع .. لى المخططات والمواصفات الخاصة به . ويحتوي المعمل الحالي على بعض المعدات المعملية من 'ز قديم لا يتمشى مع احتياجات العمل المستقبلية .

تنص المخططات على إزالة المعدات القديمة وإحلالها بثلاث طاولات معملية جديدة بطول ثلاثة حوائط من الغرفة . يوجد في المعمل بعض الدواليب المثبتة على الحائط فوق الدواليب الرئيسية وكذلك بعض الدواليب الممتدة من الأرضية حتى قرب السقف . ويقترح في المخططات أن تكون هذه الدواليب من النوع الذي يجمع في مكان العمل ، مع تشطيبهم في الموقع .

تحتاج طاولات المعمل الجديدة إلى وصلات كهربائية ، محابس للمياه الباردة والساخنة ، وصلات الهواء المضغوط والغاز . وحيث أن هذه الخدمات تحتاج إلى تغيرات جذرية لأعمال الكهرباء والسباكة فقد قام المقاول بإرساء بعض الأعمال إلى مقاولين من الباطن .

ويشمل العمل أيضاً تركيب شفاط جديد للأبخرة يوصل بمواسير جديدة حيث أن المواسير القديمة بها بعض الثقوب ، وعلى هذا يجب تغيير المواسير الحالية . ويتضح من الأعمال السابقة ضرورة عمل إصلاحات في الحوائط والأرضية والسقف . وبالإضافة إلى ذلك يوجد حوض خاص للكيميائيات يركب على القاعدة الرئيسية تحت شفاط الأبخرة . وتحتاج الحوائط والسقف إلى إعادة طلاء كما تحتاج الأرضية أيضاً إلى تغطية بالفنيل . وتوضح المواصفات أيضاً أن نظام التسخين والتهوية يحتاج إلى صيانة .

يبين جدول (٣ - ١) القائمة الأولى للأنشطة . ونلاحظ أن هذه القائمة تحتوي أساساً على الأنشطة الإنتاجية مثل إصلاح ، تركيب ، تشطيب ، دهان . وعلى هذا الأساس يجب مراجعة هذه القائمة .

فمثلاً النشاط « وضع الفنيل على الأرضية » ، يفترض شراء نوع الأرضيات المطلوبة وتوفرها بمكان العمل عند التنفيذ ، لذلك يقترح إضافة نشاط على القائمة الأولى ويشمل « الحصول على فنيل الأرضية » . وبنفس الطريقة يقترح مجموعة مماثلة من الأنشطة الشرائية خاصة بتجهيز الدواليب ، وبتجهيز شفاط الأبخرة ، وبتجهيز حوض الكيميائيات . ويبين جدول (٣ - ٢) قائمة الأنشطة الثانية بعد إضافة الأنشطة المذكورة سابقاً .

جدول (٣ - ١)
القائمة الأولى للأنشطة ـ تحديث معمل كيميائي

قائمة الأنشطة
تخطيط الغرفة
إصلاح الحوائط والسقف
إصلاح الأرضية
وضع الفنيل على الأرضية
أعمال الكهرباء والبناء الأساسية
تشطيب أعمال الكهرباء والبناء
إحلال مواسير الشفاط الحالية
تركيب شفاط الأبخرة الجديدة
تركيب الدواليب الرئيسية
تركيب حوض الكيميائيات
دهان الدواليب
دهان الحوائط والسقف

يشعر بعض المقاولين بأن إعداد قائمة الأنشطة تعتبر الخطوة الهامة في مجالات تطبيق إدارة المشاريع باستخدام الشبكة . ويعتقد أن هذا الرأي صائب حيث أنه في حالة عدم استكمال قائمة الأنشطة فإن الشبكة والحسابات الخاصة بها سوف تعكس بعض النواقص اللازمة لاتمام المشروع . وينبغي الإشارة هنا إلى أن هذه القائمة لا تعتبر نهائية لأنها مازالت خاضعة للتغيير أثناء مرحلة التصميم .

ومن الملاحظ أنه لم يتم حتى الآن النظر في العلاقات بين الأنشطة . ويتضح أن نشاط « تخطيط الغرفة » سيكون العمل الأول الواجب اتمامه ، لكن إلى أي درجة يرتبط ذلك مع إصلاح الحوائط والسقف ؟ ويجب على المخطط أن يسأل نفسه دائماً « على ماذا يعتمد هذا النشاط ؟ » ، أي ما هي الأنشطة التي يجب الانتهاء منها قبل البدء في النشاط تحت الدراسة ؟

وإذا قمنا بترقيم الأنشطة المذكورة في القائمة الثانية للأنشطة ، فإن تحديد الاعتمادية يعتبر أمراً يسيراً . ويبين جدول (٣ - ٣) قائمة الأنشطة والاعتمادية الخاصة بكل نشاط ، وعلى سبيل المثال نجد أن النشاط « إصلاح الحوائط والسقف » لا يمكن البدء فيه إلا بعد الانتهاء من أنشطة تخطيط الغرفة وأعمال الكهرباء والبناء الأساسية وإحلال مواسير الشفاط الحالية . وعليه تكتب أرقام هذه الأنشطة السابقة وهي ١ ، ٥ ، ٧ بجوار النشاط رقم ٢ .

ويستمر العمل بنفس الطريقة حتى الانتهاء من تحديد الاعتمادية لكل نشاط . ويلاحظ أن النشاط رقم ٩ قد تغير ، فبالنظر إلى أعمال تركيب الدواليب الرئيسية وتركيب حوض الكيميائيات فإننا نجد عائقاً عند تركيب حوض الكيميائيات بعد الانتهاء من تركيب الدواليب الرئيسية كلها ،

كما أنه لا توجد أية ضرورة فنية في الانتظار نهائياً لتركيب الدواليب الرئيسية بعد الانتهاء من تركيب حوض الكيميائيات .

لذلك فقد وجد أنه من الأنسب تقسيم النشاط رقم ٩ إلى جزئين : الجزء الأول هو النشاط رقم ٩ ويحتوي على تركيب ثلث الدواليب الرئيسية والجزء الثاني هو النشاط رقم ١٨ ويحتوي على تركيب ثلثي الدواليب الرئيسية ، المجاورة لحوض الكيميائيات .

جـدول (٣ - ٢)

القائمة الثانية للأنشطة ـ تحديث معمل كيميائي

قائمة الأنشطة
تخطيط الغرفة
إصلاح الحوائط والسقف
إصلاح الأرضية
وضع الفنيل على الأرضية
أعمال الكهرباء والبناء الأساسية
تشطيب أعمال الكهرباء والبناء
إحلال مواسير الشفاط الحالية
تركيب شفاط الأبخرة الجديد
تركيب الدواليب الرئيسية
تركيب دواليب الحوائط
تركيب حوض الكيميائيات
دهان الدواليب
دهان الحوائط والسقف
تجهيز فنيل الأرضية
تجهيز الدواليب
تجهيز شفاط الأبخرة
تجهيز حوض الكيميائيات

جدول (٣ - ٣)
قائمة الأنشطة والاعتمادية ـ تحديث معمل كيميائي

الرقم	النشـــاط	يعتمـد على
١	تخطيط الغرفة	ــــــ
٢	إصلاح الحوائط والسقف	١ ، ٥ ، ٧
٣	إصلاح الأرضية	١ ، ٥
٤	وضع الفنيل على الأرضية	٣ ، ١٢ ، ١٣ ، ١٤
٥	أعمال الكهرباء والبناء الأساسية	١
٦	تشطيب أعمال الكهرباء والبناء	٢ ، ٣ ، ٥ ، ٩ ، ١٠ ، ١١
٧	إحلال مواسير الشفاط الحالية	١
٨	تركيب شفاط الأبخرة الجديد	٢ ، ٣ ، ١٦
٩	تركيب ثلث الدواليب الرئيسية	٢ ، ٣ ، ٨ ، ١٥
١٠	تركيب دواليب الحوائط	٢ ، ٣ ، ٧ ، ١٥
١١	تركيب حوض الكيميائيات	٢ ، ٣ ، ٥ ، ٩ ، ١٧
١٢	دهان الدواليب	٦ ، ٨ ، ٩ ، ١٠ ، ١١
١٣	دهان الحوائط والسقف	٢ ، ٣ ، ٦ ، ٨ ، ٩ ، ١٠
١٤	تجهيز فنيل الأرضية	ــــــ
١٥	تجهيز الدواليب	ــــــ
١٦	تجهيز شفاط الأبخرة	ــــــ
١٧	تجهيز حوض الكيميائيات	ــــــ
١٨	تركيب ثلثي الدواليب الرئيسية	٢ ، ٣ ، ٩ ، ١٥

٣ - ١ - ٣ وقت النشاط

يعتبر تحديد وقت النشاط من الأعمال الهامة لمرحلة الجدولة ، لأنه الأساس الذي تبنى عليه أية مساومات عند تسليم أي مشروع ، ويحدد وقت النشاط من البيانات المتوفرة بالمؤسسة عن الأعمال المماثلة أو المشابهة السابقة ، كما يمكن تقديرها بناء على المناقشة مع مسئولي التنفيذ . ويلاحظ أن الوقت اللازم لأي نشاط يعتمد على طرق العمل والامكانيات المتاحة للاستخدام لهذا النشاط ، ولذا فإنه يجب الأخذ في الاعتبار بعض التساهحات في الوقت ، والتي تعبر عن ظروف العمل المحيطة .

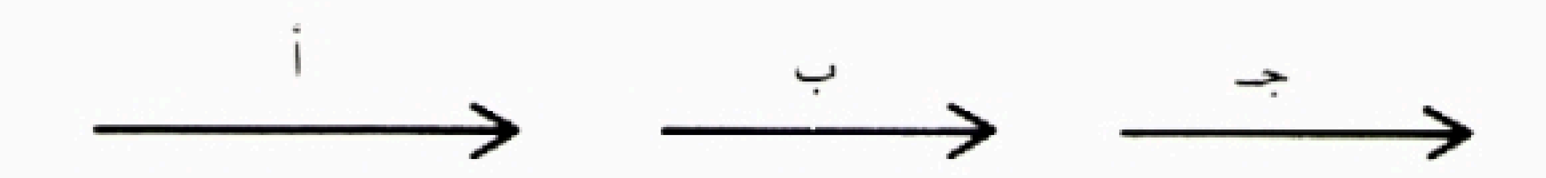
ويمكن أن تختلف الوحدة الزمنية التي يحدد بواسطتها وقت النشاط . فيمكن أن يعبر عنه بالثانية ، الدقيقة ، الساعة ، اليوم ، الشهر ، السنة ، ويعتمد هذا التحديد على الفترة الزمنية التي يستغرقها المشروع ككل ، وأيضاً التي يستغرقها كل نشاط على حدة ، فلا يمكن مثلاً التعبير عن أنشطة في مشروع ما يستغرق ساعات قليلة بالأيام ، ويجب عند جدولة أي مشروع مراعاة عدد ساعات العمل اليومية وأيام العطلات الرسمية ، لكي يكون تاريخ التسليم واقعياً .

٣ - ٢ الشبكة السهمية

تستخدم طريقة المسار الحرج و «ط م ح »الرسم (بالأسهم) السهمية. وتتكون الشبكة من القالب المنطقي المسلسل للأسهم . ويمكن بواسطة هذه الشبكة مراقبة أداء المشروع والتقدير السليم لموعد الانتهاء منه . ويعبَّر عن النشاط في هذه الطريقة بسهم . ويجب عدم الخلط بين هذا السهم والمتجهات . ويمكن أن يكون ذلك السهم مستقيماً ، منحنياً ، أو مائلاً وذلك للتمشي مع رسم الشبكة . ويلاحظ كذلك بأن طول السهم لا يتناسب مع الوقت اللازم للنشاط ، بل يعتمد على الإعداد الواضح للشبكة . ويبدأ السهم من اليسار لليمين وينتهي رأسه بنهاية النشاط .

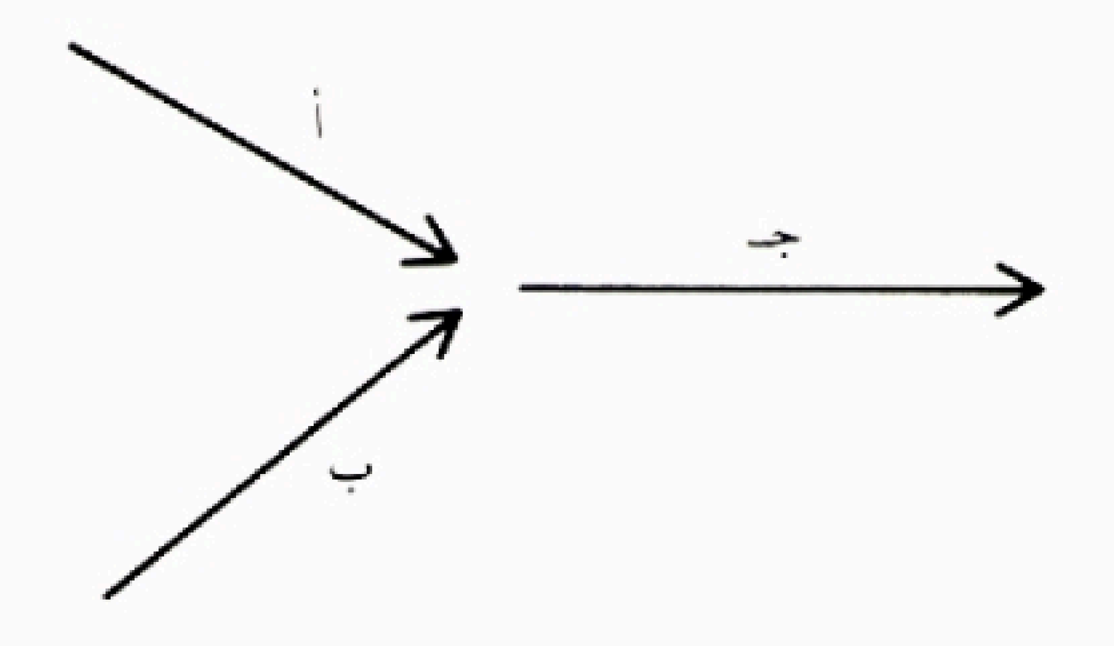
٣ - ٢ - ١ أسس رسم الشبكة

نعتبر على سبيل المثال ثلاثة أنشطة « أ » ، « ب » ، « ج » ، فيكون الشكل السهمي كالتالي :



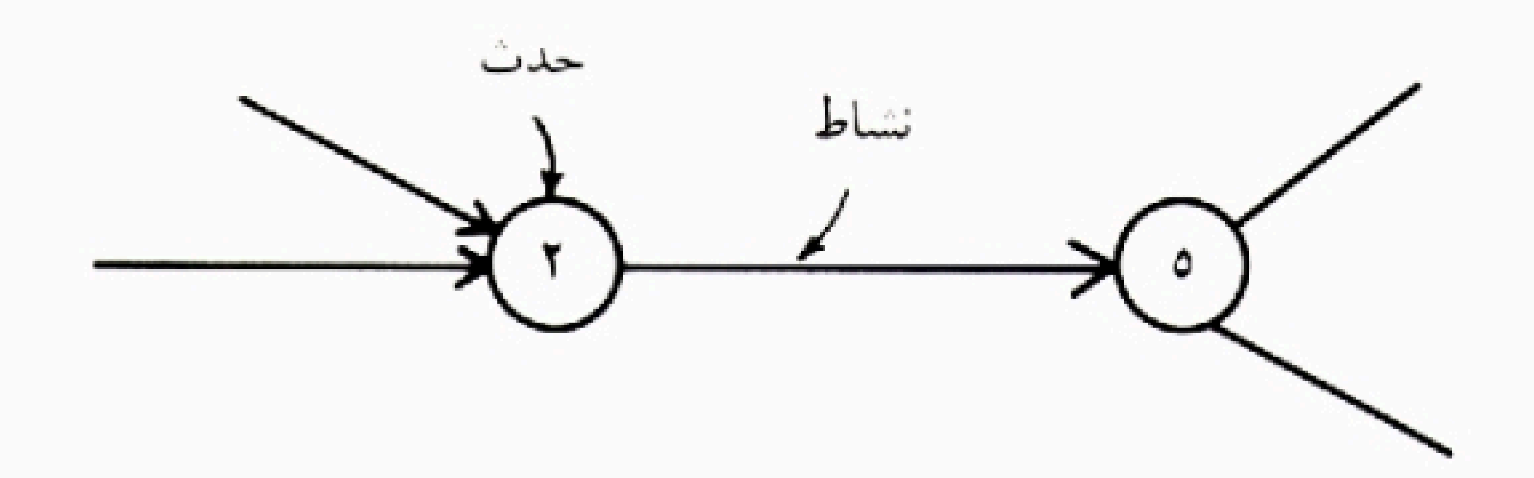
وهذا الشكل يعبر على أن النشاط « أ » يجب إتمامه قبل النشاط « ب » وبنفس الطريقة فإن النشاط « ب » يجب إتمامه قبل النشاط « ج » .

أما إذا كان الشكل السهمي مرتبا كالتالي :

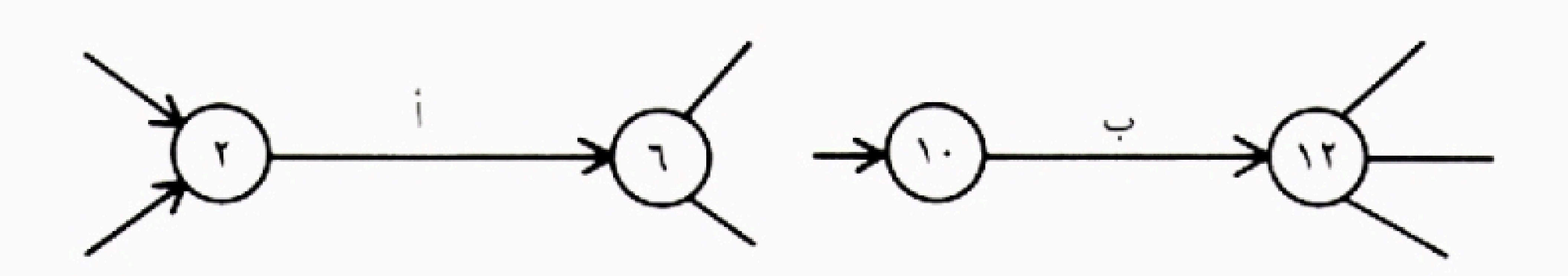


فإن النشاط « ج » لا يمكن البدء فيه قبل الانتهاء من النشاطين « أ » و« ب » . كما أن النشاط « ب » أصبح الآن لا يعتمد على النشاط « أ » ، بل يمكن البدء في النشاطين « أ » و« ب » في نفس الوقت .

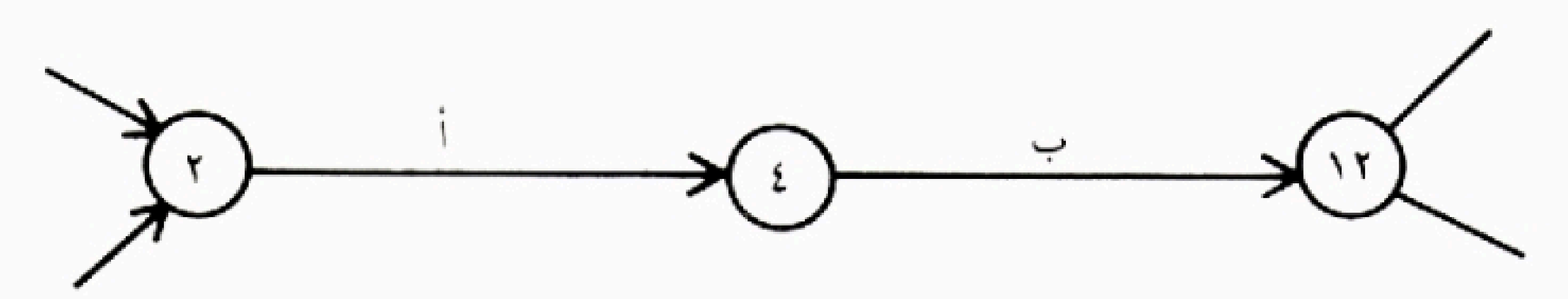
ويمكن أن يرمز لبداية ونهاية كل نشاط بدائرة صغيرة . ويطلق على هذه البدايات والنهايات إسم « حدث » . ويحدد الحدث نقطة زمنية فقط ، أي أنها هي لا تحتاج إلى أي وقت . ويمكن التعبير عن الأنشطة والأحداث بالطريقة التالية .



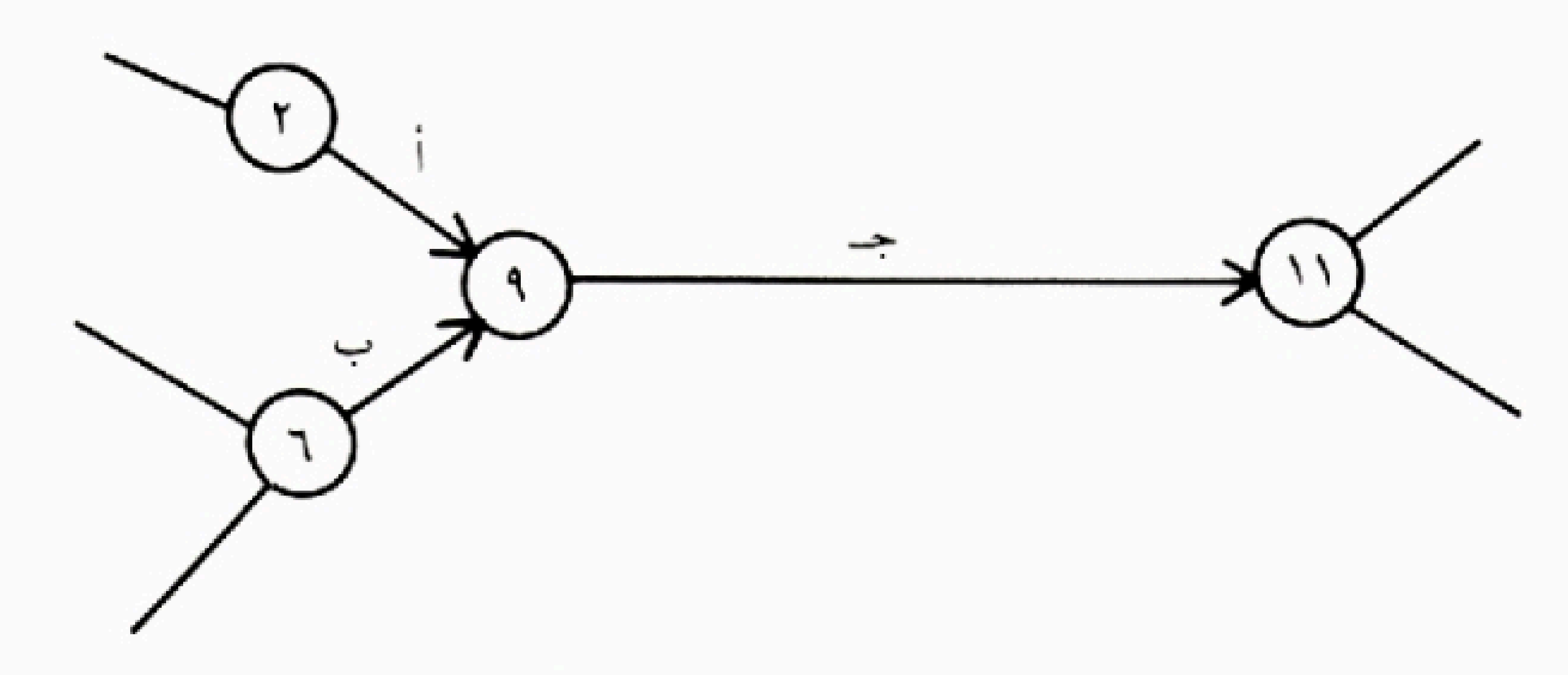
١ - يبيّـن هذا الشكل النشاط مع حدث البداية والنهاية .



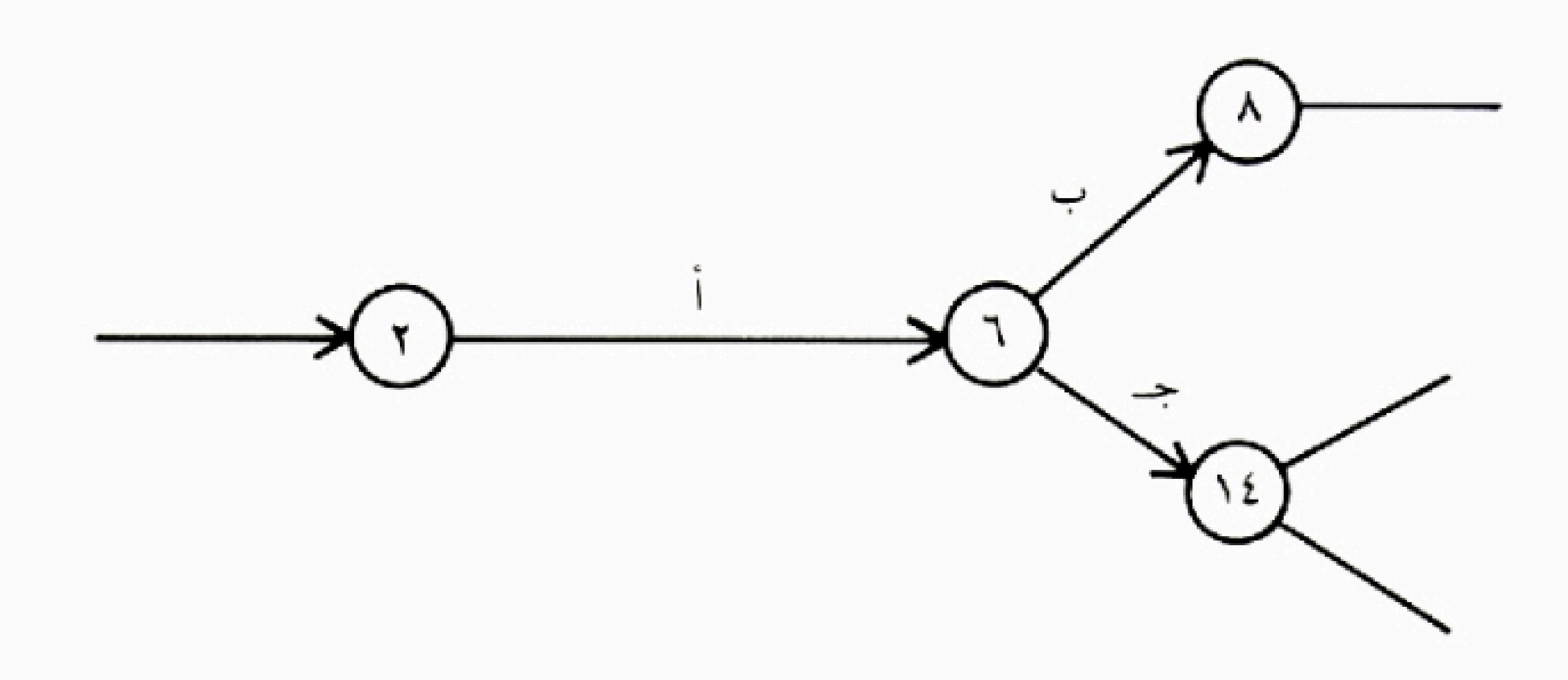
٢ - النشاطان أ و ب لا يعتمدان على بعض .



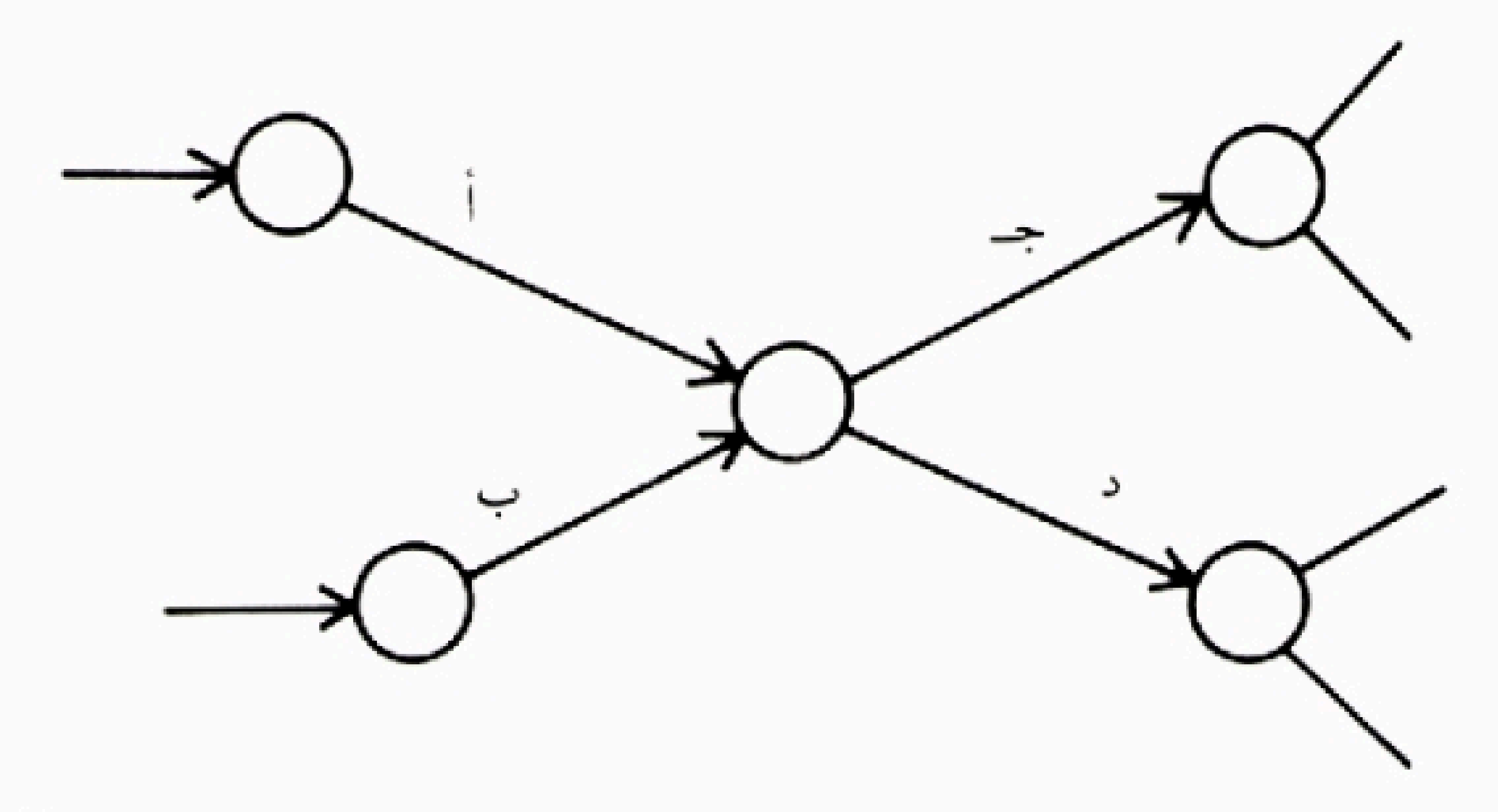
٣ - النشاط « ب » يعتمد على النشاط « أ » .



٤ - النشاط « ج » يعتمد على النشاطين « أ » و « ب » .

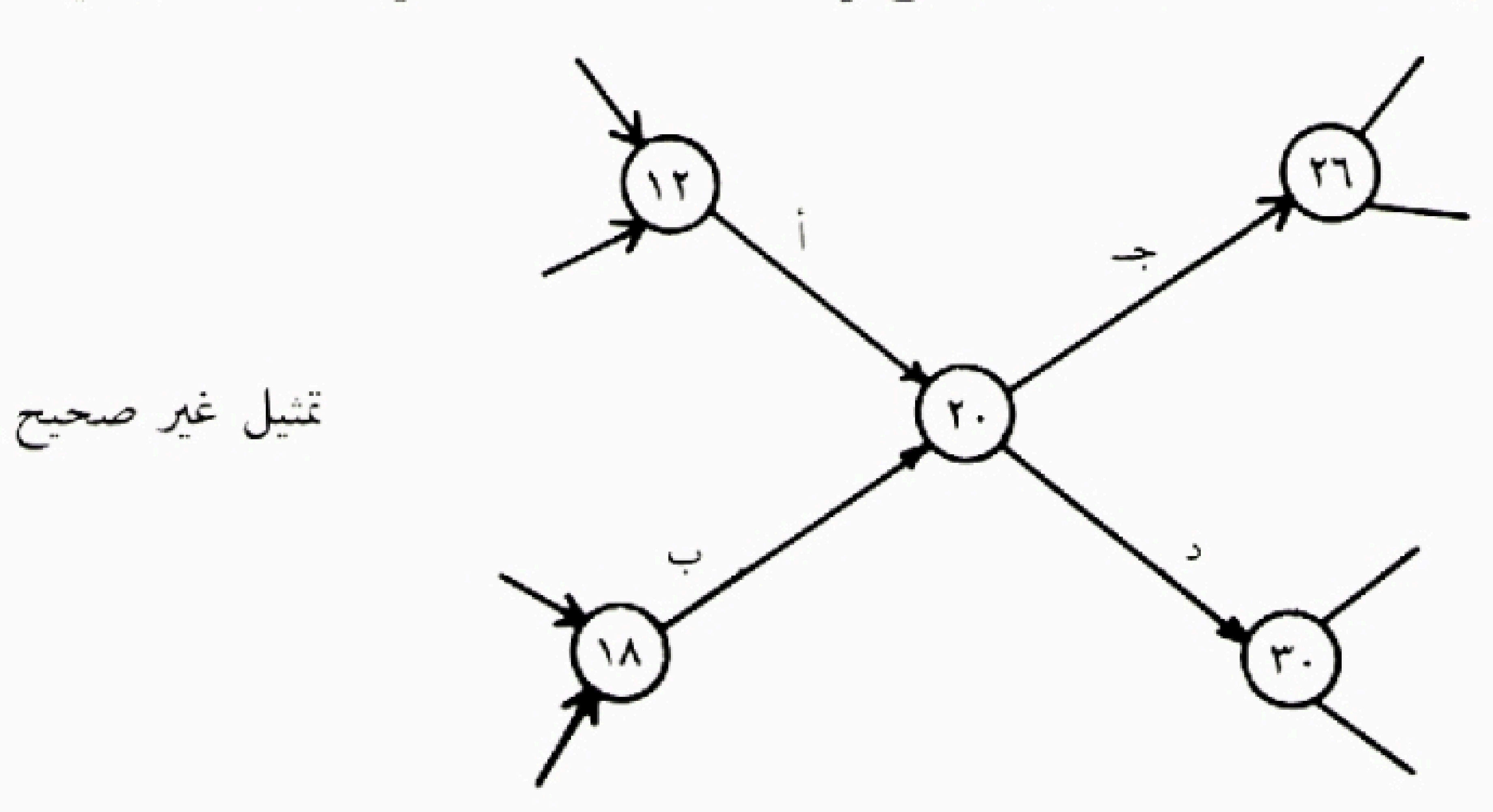


٥ - النشاط « ب » والنشاط « ج » يعتمدان على النشاط « أ » .

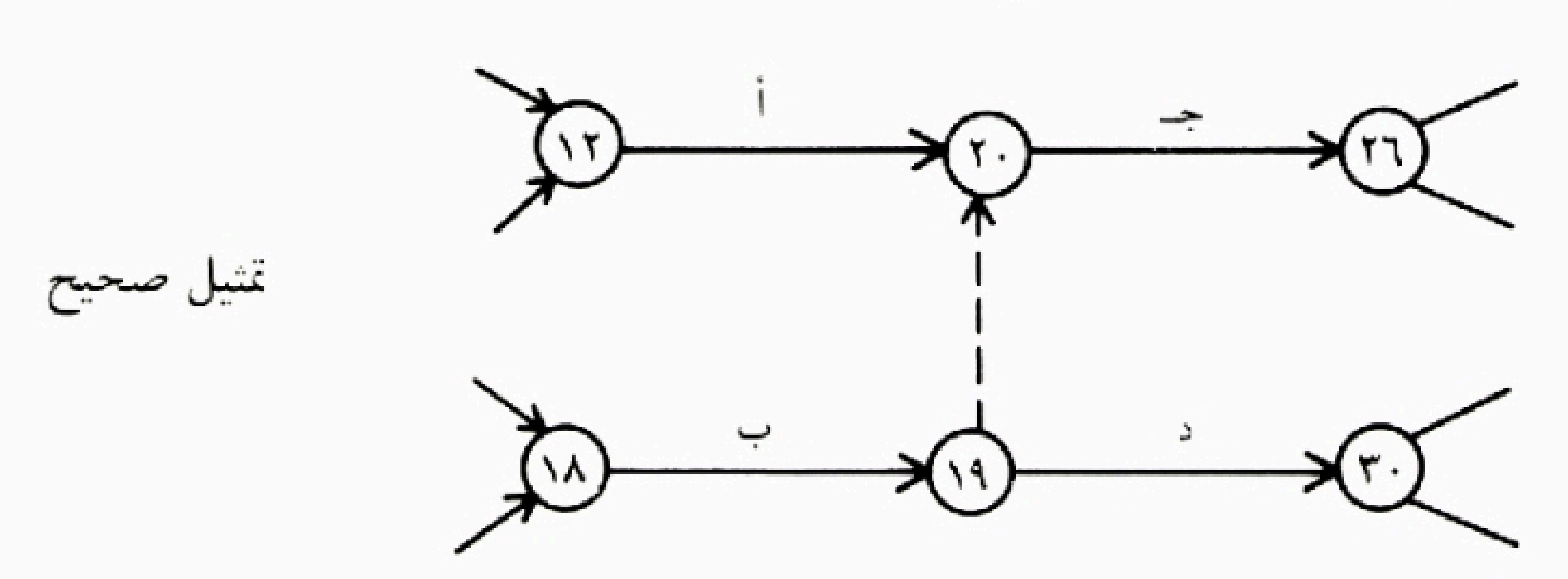


٦ - يعتمد النشاطان « ج » و « د » على النشاطين « أ » و « ب » معاً .

ويلاحظ عند رسم الشبكة السهمية عدم الوقوع في الأخطاء الشائعة التي سنوردها فيما يلي :

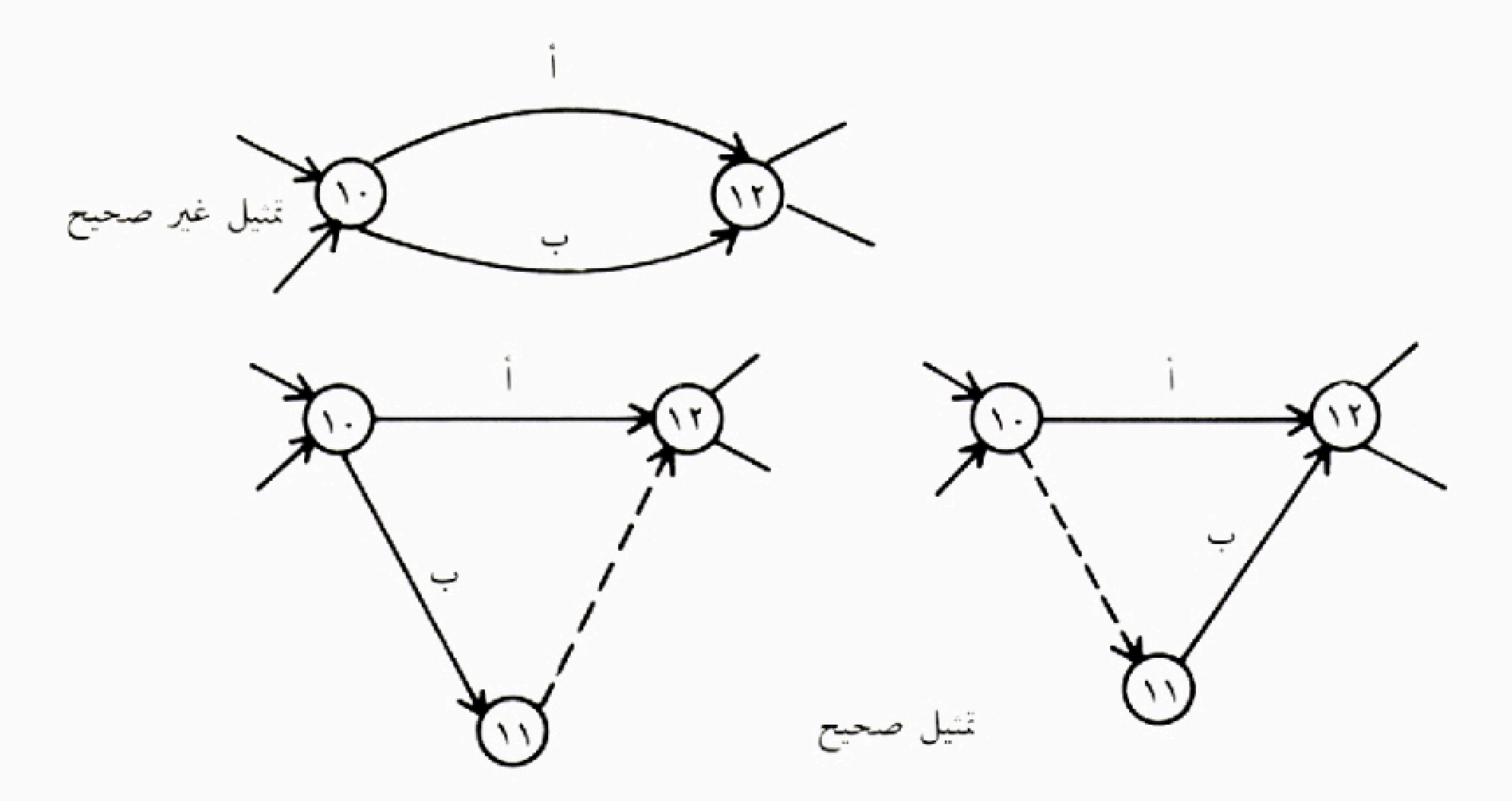


هذا الشكل غير صحيح لأن المثال الذي تمثله هذه الشبكة يتطلب اعتماد النشاط « ج » على النشاطين « أ » و « ب » معاً ، أما النشاط « د » فيعتمد على النشاط « ب » فقط . وهنا يجب الاستعانة بما يسمى بنشاط لا وقتي . ويجدر الإشارة هنا إلى أن النشاط اللاوقتي لا يستغرق وقتاً ، ولكن يجب أن يكون له إتجاه ، حيث أن تغيير الاتجاه يغير في العلاقات الاعتمادية بين الأنشطة . والشكل التالي يمثل الرسم الصحيح بعد إضافة نشاط لاوقتي .



ويلاحظ كذلك أنه يجب أن يكون ترقيم كل نشاط وحيداً على طول الشبكة .

الرسم التالي يبين التمثيل غير الصحيح والتمثيل الصحيح لنشاطين أ و ب لهما نفس البداية والنهاية .

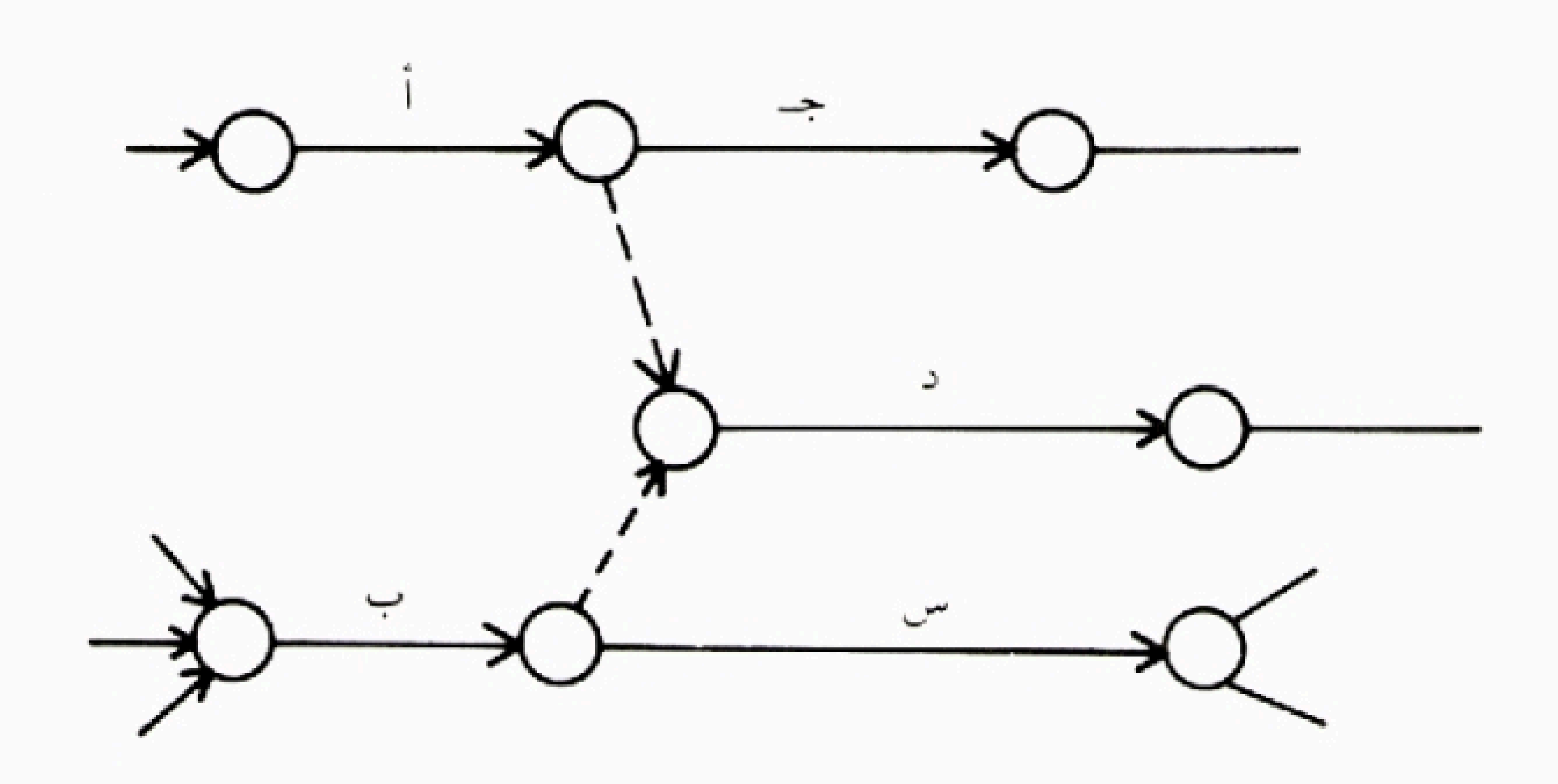


وتجدر الإشارة هنا إلى أن البعض يحاول استخدام الأنشطة اللاوقتية بدون فائدة أو حاجة ملحة عند إعداد الشبكة وذلك يسبب بعض متاعب عند حساب الوقت اللازم لإنهاء المشروع . والأشكال التالية تبين بعض هذه الجوانب :

الأشكال بعد حذف الأنشطة اللاوقتية وغير الضرورية | الأشكال الأصلية

أ ب ج د

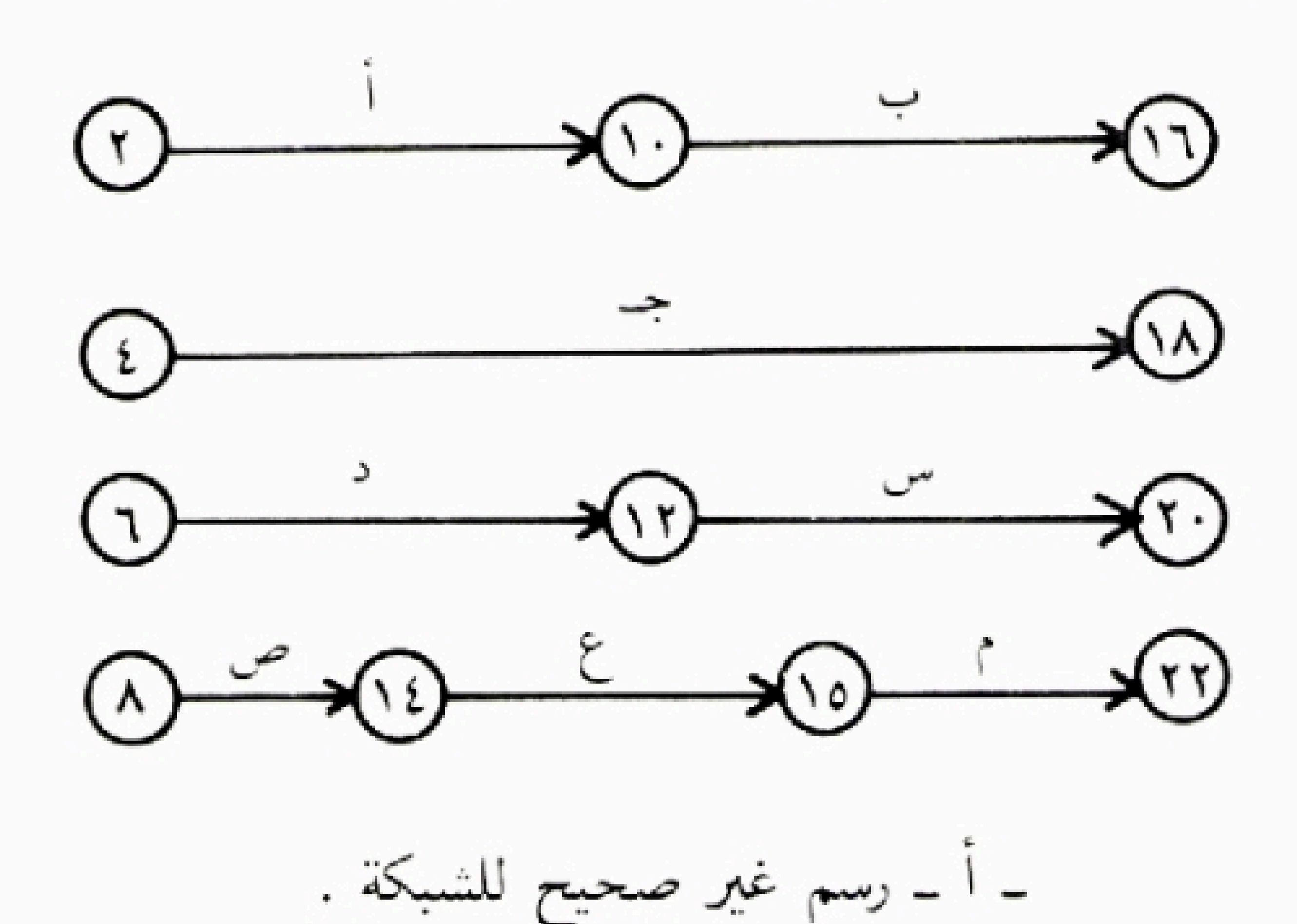
في الحالات السابقة وجدنا أنه من الضروري حذف كل الأنشطة اللاوقتية أو ترك نشاط لا وقتي واحد ، ولكن في بعض الحالات نجد أنه من الضروري الإبقاء على أكثر من نشاط لا وقتي ، تشترك كلها في حدث واحد ، والرسم التالي يوضح هذه الحالة ، حيث أن النشاط « د » يعتمد على النشاطين « أ » و « ب » معاً ، أما النشاط « ج » فيعتمد على النشاط « أ » فقط ، والنشاط « س » يعتمد كذلك على النشاط « ب » فقط .



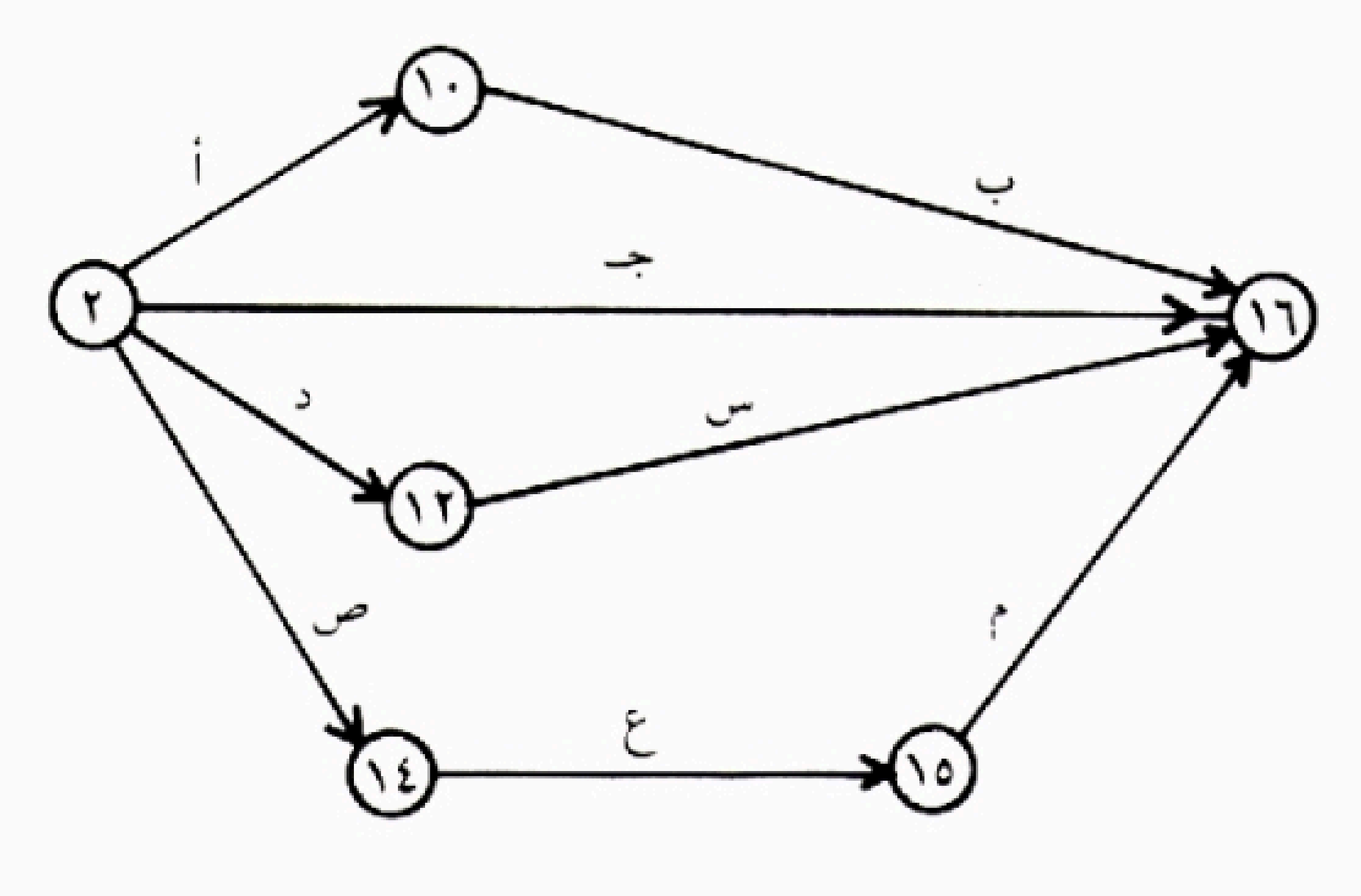
وعند رسم أي شبكة يجب مراعاة أن يكون لها بداية واحدة ونهاية واحدة فقط . والمثال التالي يوضح ذلك :

يتكون مشروع بسيط من ثمانية أنشطة . الأنشطة أ ، ج ، د ، ص يمكن البدء فيهم في نفس الوقت . ويعتمد النشاط « ب » على « أ » ، والنشاط « س » على النشاط « د » ، والنشاط « ع » على النشاط « ص » ، والنشاط « م » على النشاط « ع » .

ويمثل الشكل التالي الرسم الصحيح وغير الصحيح للشبكة .



ـ أ ـ رسم غير صحيح للشبكة .



ـ ب ـ رسم صحيح للشبكة .

٣ - ٢ - ٢ ترقيم الشبكة

يبدأ ترقيم الأحداث بعد الانتهاء من رسم الشبكة ، ويراعى عند الترقيم أن للشبكة إتجاه واحد من بداية المشروع حتى نهايته ، ويجب أن تكون الأرقام عند ذيل أي سهم أقل منها عند الرأس ، كما أن أي نشاط في المشروع يجب أن يكون له رقمين فقط لا يتكرران لأي نشاط آخر .

يمثل الجزء (ب) من الشكل السابق شبكة لمشروع يتكون من ثمانية أنشطة . ويمكن التعبير عن النشاط إما برمزه أو بأرقام الأحداث كما يلي :

رمز النشاط	الترقيم: حدث البداية	الترقيم: حدث النهاية
أ	٢	١٠
ب	١٠	١٦
ج	٢	١٦
د	٢	١٢
س	١٢	١٦
ص	٢	١٤
ع	١٤	١٥
م	١٥	١٦

ويلاحظ أن هذا الترقيم يتبع القواعد الآنفة الذكر .

٣ - ٢ - ٣ رسم الشبكة

لا توجد طريقة واحدة لرسم الشبكة وتختلف هذه الطرق من مشروع لآخر حسب حجمه وعدد الأنشطة التي يحتويها وكذلك العلاقات الاعتمادية للأنشطة من حيث عددها وتوزيعها . ومن المقترح في بعض الأحيان رسم حدث البدء ثم الاستمرار في رسم الأنشطة وتحديد الأحداث حتى الوصول لحدث النهاية .

وقد نرى بعض المخططين يرسمون الشبكة بطريقة عكسية تماماً لما ذكر ، اذ يرسم حدث النهاية أولاً ويستمر العمل بنفس الطريقة السابقة حتى حدث البداية . أما الطريقة الثالثة فتعتمد على رسم بعض الأنشطة وتكوين جزء من المشروع بطريقة تقريبية ويمكن الاستمرار على نفس المنوال حتى ترسم الشبكة كاملة .

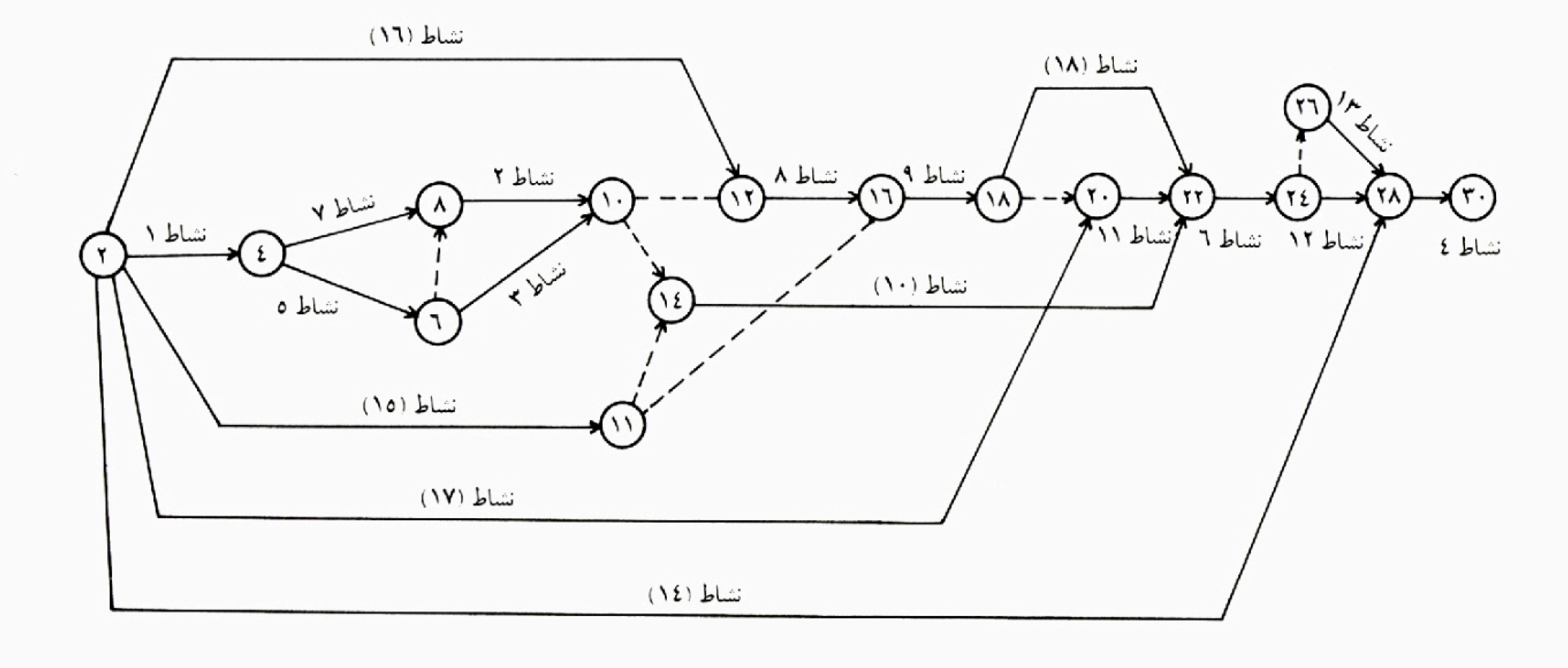
فإذا أردنا رسم شبكة مشروع تحديث المعمل الكيميائي جدول (٣ - ٣) فإننا نحصل على الشكل (٣ - ١) . ويلاحظ أنه قبل رسم الشبكة ، تتم مراجعة الاعتمادية لكل الأنشطة وذلك لحذف أي أنشطة لا يحتاج نشاط آخر ، الاعتماد عليها وفقاً للتسلسل المنطقي للمشروع .

وعلى سبيل المثال نجد أن النشاط رقم (٢) يعتمد على الأنشطة (١ ، ٥ ، ٧) وبمراجعة النشاط رقم (٥) نجد أنه يعتمد على النشاط رقم (١) ، وبنفس الطريقة نجد أن النشاط رقم (٧) يعتمد على النشاط رقم (١) . ولما كان النشاط رقم (٢) لا يمكن البدء فيه قبل الانتهاء من الأنشطة السابقة له ، فإننا نجد أنه ليست هناك أي ضرورة لوجود النشاط رقم (١) بقائمة الأنشطة التي يعتمد عليها النشاط رقم (٢) .

مثال آخر : النشاط رقم (٦) ، يعتمد هذا النشاط على الأنشطة (٢ ، ٣ ، ٥ ، ٩ ، ١٠ ، ١١) . ويعتمد النشاط رقم (١١) على الأنشطة (٢ ، ٣ ، ٥ ، ٩ ، ١٧) ومن هنا يمكننا حذف الأنشطة (٢ ، ٣ ، ٥ ، ٩) من قائمة الأنشطة التي يعتمد عليها النشاط رقم (٦) .

النشاط رقم (١٨) يعتمد على الأنشطة (٢ ، ٣ ، ٩ ، ١٥) ويعتمد النشاط رقم (٩) على الأنشطة (٢ ، ٣ ، ٨ ، ١٥) ، لذلك يمكن القول بأن النشاط رقم (١٨) يعتمد على النشاط رقم (٩) فقط .

ويمكن الاستمرار بنفس الطريقة حتى الوصول للصيغة الصحيحة للاعتمادية . ويمثل جدول (٣ - ٤) قائمة الأنشطة والاعتمادية لمشروع تحديث المعمل الكيميائي بعد حذف الأنشطة الاعتمادية غير الضرورية .



شكل (٣ - ١) : شبكة مشروع تحديث المعمل الكيميائي

جدول (٣ - ٤)

قائمة الأنشطة والاعتمادية بعد حذف الأنشطة الاعتمادية غير الضرورية لمشروع تحديث المعمل الكيميائي

رقم	النشـــاط	يعتمد على
١	تخطيط الغرفة	ــــ
٢	إصلاح الحوائط والسقف	٥ ، ٧
٣	إصلاح الأرضية	٥
٤	وضع الفنيل على الأرضية	١٢ ، ١٣ ، ١٤
٥	أعمال الكهرباء والسباكة الأساسية	١
٦	تشطيب أعمال الكهرباء والسباكة	١٠ ، ١١ ، ١٨
٧	إحلال مواسير الشفاط الرئيسية	١
٨	تركيب شفاط الأبخرة الجديد	٢ ، ٣ ، ١٦
٩	تركيب ثلث الدواليب الرئيسية	٨ ، ١٥
١٠	تركيب دواليب الحوائط	٢ ، ٣ ، ١٥
١١	تركيب حوض الكيميائيات	٩ ، ١٧
١٢	دهـان الدواليب	٦
١٣	دهـان الحوائط والأسقف	٦
١٤	تجهيز فنيل الأرضية	ــــ
١٥	تجهيز الدواليب	ــــ
١٦	تجهيز شفاط الأبخرة	ــــ
١٧	تجهيز حوض الكيميائيات	ــــ
١٨	تركيب ثلثي الدواليب الرئيسية	٩

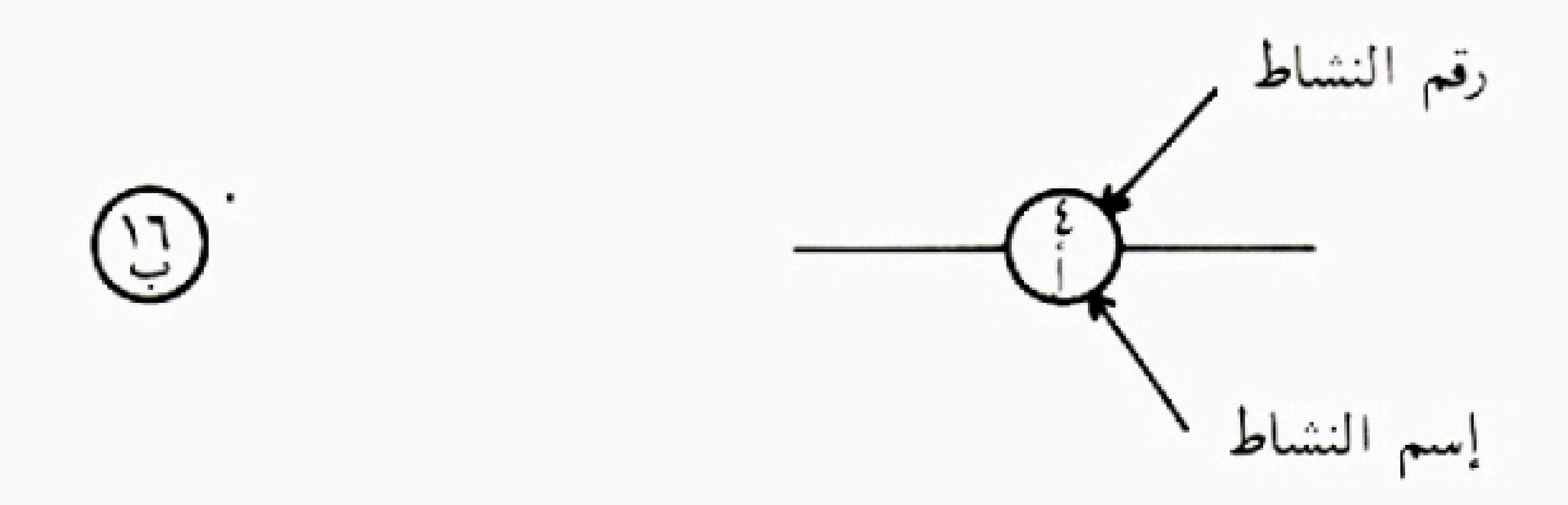
٣ - ٣ الشبكة التتابعية « Precedence Network »

تستخدم طريقة الشبكة السهمية في رسم المشروعات والحسابات الخاصة بها منذ البدء باستخدام الجدولة بطريقة المسار الحرج وبطريقة « بيرت » حتى أرسى « جون فوندال » (John Fondahl) قواعد طريقة الشبكة التتابعية وذلك في عام ١٩٦١ . وتختلف طريقة الشبكة التتابعية عن الشبكة السهمية في أن النشاط في الطريقة الأولى يعرف داخل الدائرة . أما في الطريقة الثانية فهو ممثل بالسهم بين الدائرتين كما أسلفنا سابقاً . وقد عرفت طريقة الشبكة التتابعية سابقاً بإسم طريقة « النشاط على الدائرة » .

تتميز طريقة الشبكة التتابعية بعدة خصائص منها عدم وجود أنشطة لا وقتية ، والمعروف أن النشاط اللاوقتي كان ومازال يمثل عقبة وصعوبة عند رسم الشبكة السهمية حيث يؤثر عدم وضع الأنشطة اللاوقتية في مكانها السليم تأثيراً كبيراً على العلاقات التبادلية بين الأنشطة .

٣ - ٣ - ١ أسس رسم الشبكة

يعرف النشاط في الشبكة التتابعية بالإسم والرقم ويوضعان داخل الدائرة ويمكن وضعهما داخل أي شكل مثل « المربع » ، « المستطيل » ، « المسدس » أو أي شكل آخر مناسب . ونبين فيما يلي بعض الأمثلة التوضيحية .

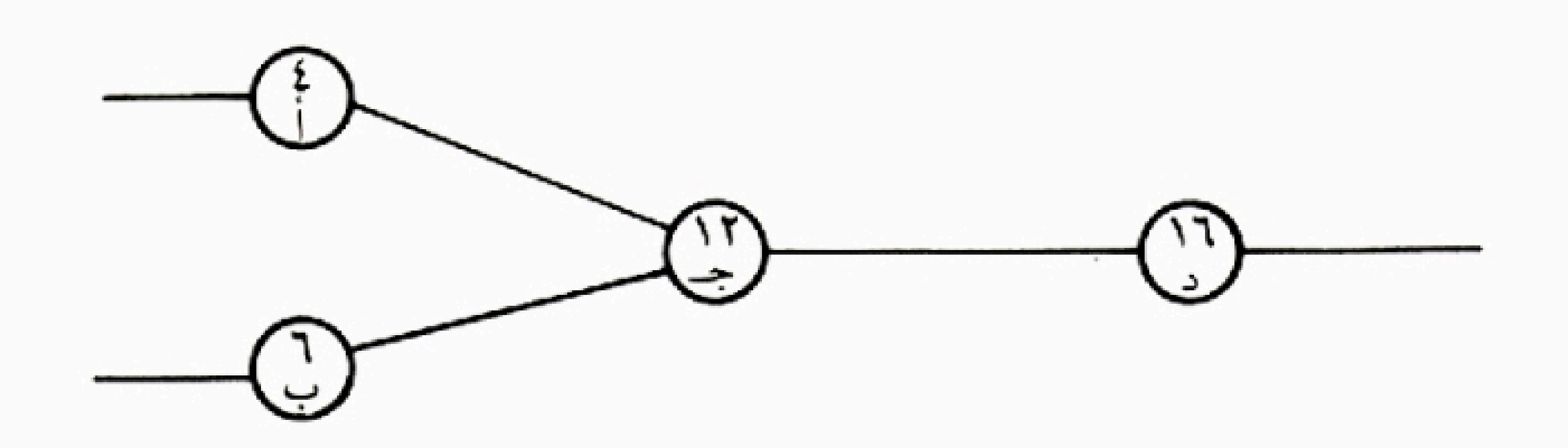


النشاطان أ ، ب ـ لا توجد علاقة بينهما .

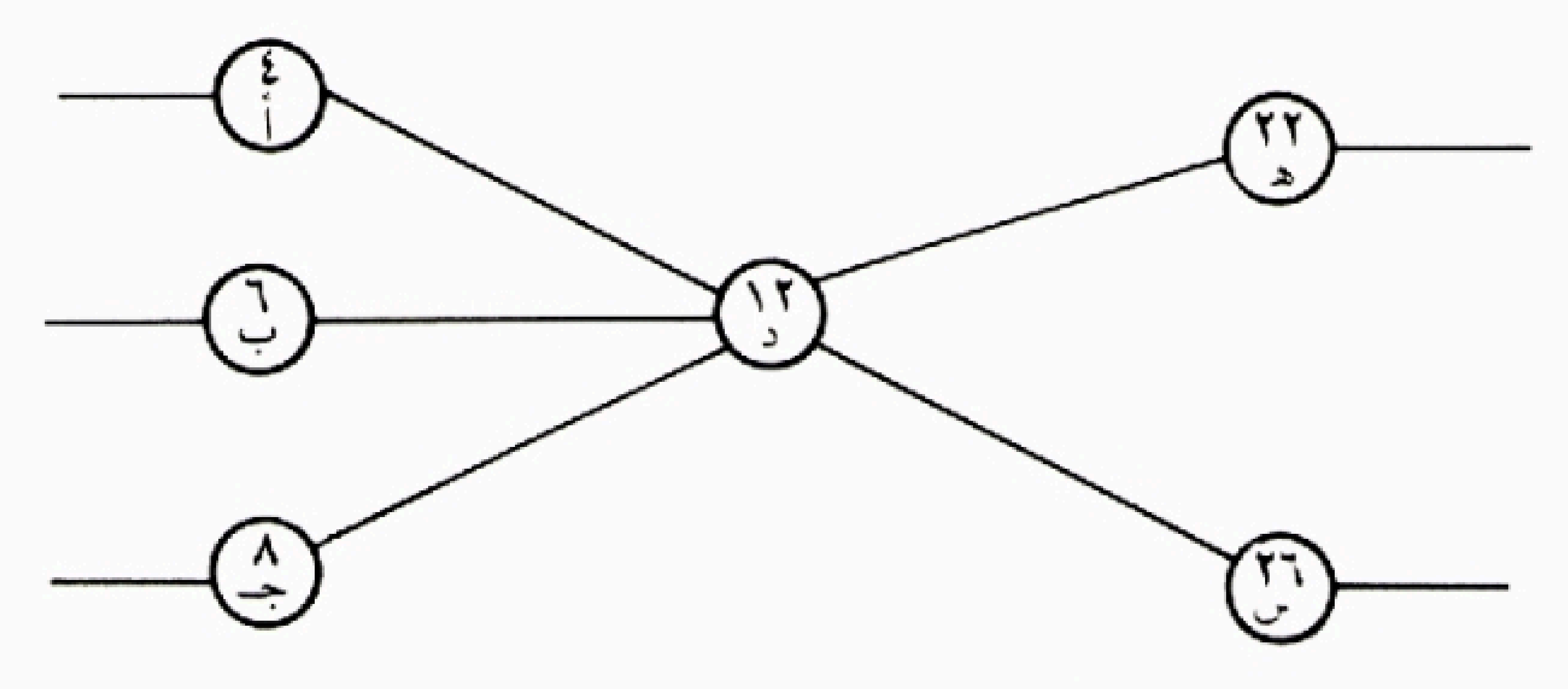


يعتمد النشاط ب على النشاط أ .

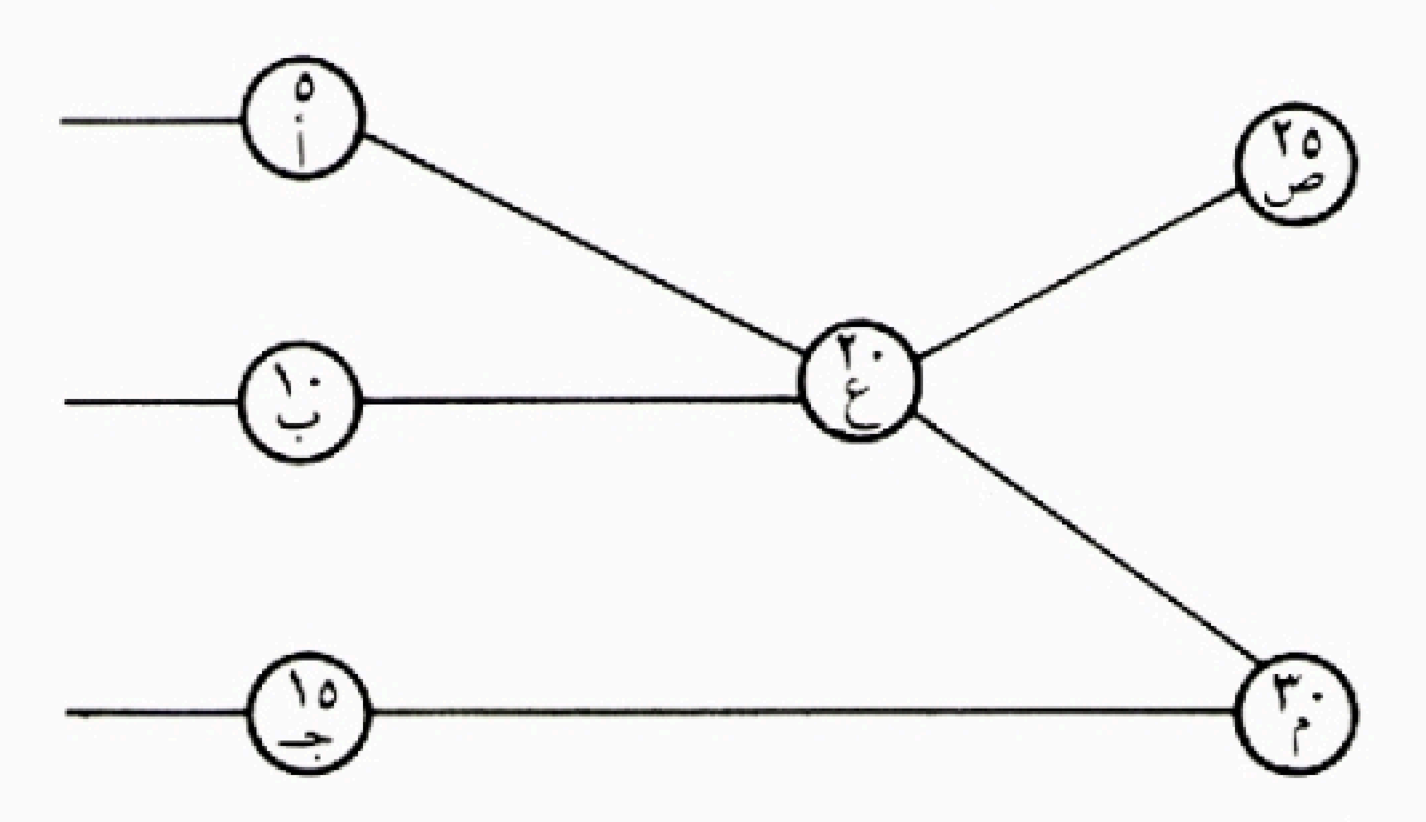
وتجدر الإشارة هنا أنه ليس من الضروري وضع أسهم مثل طريقة الشبكة السهمية ، حيث أن الخطوط التي تربط الأنشطة (الدوائر) والأرقام التصاعدية تميز الاعتمادية .



ج يعتمد على أ ب ـ د تعتمد على ج

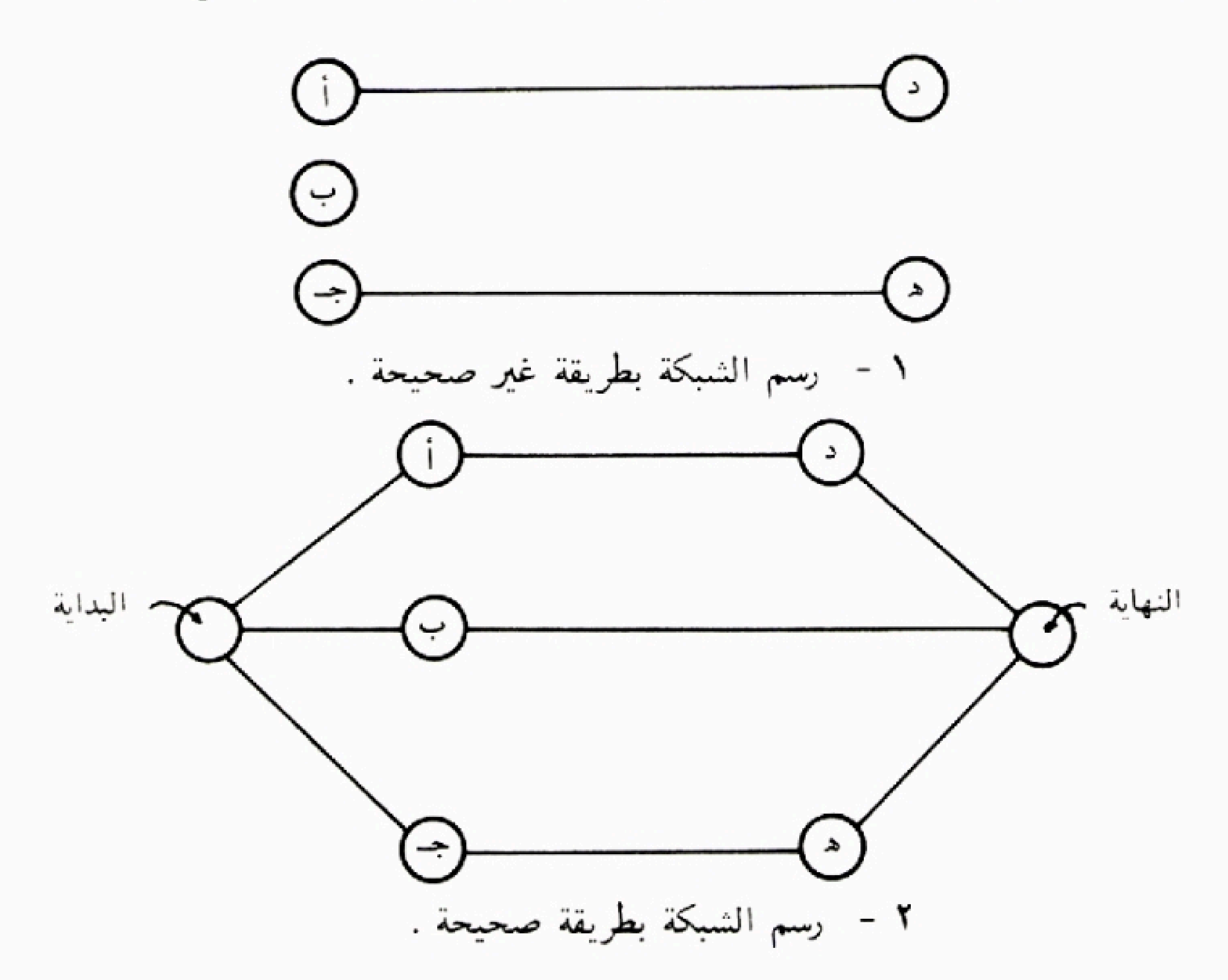


د تعتمد على أ ، ب ، ج ، ـ هـ ، س يعتمدان على د



ع تعتمد على أ ، ب ـ ص تعتمد على ع ـ م تعتمد على ج ، ع

ويكون للشبكة في هذه الحالة أيضاً بداية واحدة ونهاية واحدة فقط . فإذا فرضنا مشروعاً يتكون من خمسة أنشطة أ ، ب ، ج ، د ، هـ حيث أ ، ب ، ج لا يعتمدوا على أية أنشطة أخرى ، أما د فيعتمد على أ ، هـ يعتمد على ج ، فيكون رسم الشبكة كالتالي :

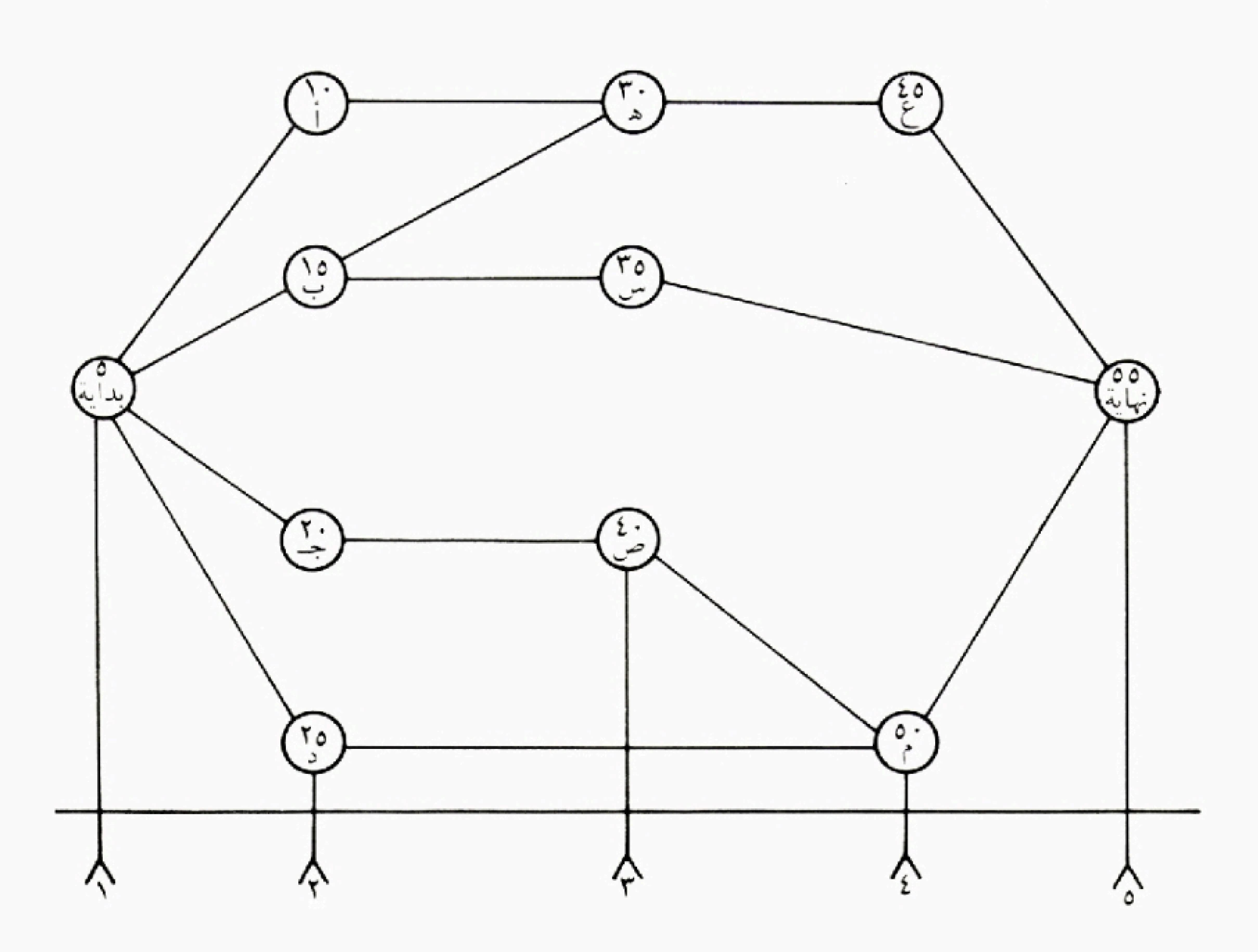


١ - رسم الشبكة بطريقة غير صحيحة .

٢ - رسم الشبكة بطريقة صحيحة .

٣ - ٣ - ٢ ترقيم الشبكة

نظراً لأن النشاط ممثلاً بالدائرة والخطوط التي تربط الدوائر بعضها البعض تعبر عن الاعتمادية بين الأنشطة ، فإنه من الضروري إيجاد طريقة للتعبير عن تسلسل الأنشطة لتحديد إتجاه الشبكة ، ويمثل الشكل (٣ - ٢) شبكة تتابعية لمشروع يتكون من سبعة أنشطة بالإضافة إلى نشاطي البداية والنهاية . يمثل نشاط البداية الخطوة التسلسلية رقم (١) . الأنشطة أ ، ب ، ج ، د تعتمد على نشاط البداية فتقع جميعها على الخطوة التسلسلية رقم (٢) . ونستمر في العمل على أساس وضع النشاط على أقرب خطوة تسلسلية حتى نصل إلى نشاط النهاية والذي يقع في هذا المشروع على الخطوة رقم (٥) .



شكل (٣ - ٢) الشبكة التتابعية لمشروع مع تسلسل الخطوات .

والترقيم هو الخطوة التالية لتحديد إتجاه الشبكة التتابعية . ويجب مرعاة أن لكل نشاط رقم وحيد وإلا اختلفت الحسابات ومراقبة المشروع . ويلاحظ كذلك إتاحة الفرصة بترك بعض الأرقام التي قد نحتاج اليها لو أضفنا بعض الأنشطة الأخرى على المشروع . فنبدأ بالرقم ٥ لنشاط البداية ونستمر في العمل على أساس أن الأرقام التي على يسار الدائرة (النشاط) تكون أقل من رقم النشاط نفسه أو الأنشطة التي على يمين الدائرة .

٣ - ٣ - ٣ رسـم الشبكـة

للتأكد من أن الشبكة لها بداية واحدة ونهاية واحدة ، يجب تحديد تسلسل الخطوات لكل نشاط قبل رسم الشبكة التتابعية . ويمثل جدول (٣ - ٥) قائمة الأنشطة لمشروع يتكون من إثنى عشر نشاطاً . وهنا نلاحظ أن الأنشطة أ ، ب ، ج لا تعتمد على أي نشاط آخر . أضفنا نشاط البداية نجد أن ،أ ، ب ، ج تعتمد في هذه الحالة على نشاط البداية وبذا نضمن بداية واحدة للمشروع .

ولتحديد نشاط النهاية ، فإننا نراجع اعتمادية الأنشطة ، وتكون الأنشطة غير الموجودة بعامود الاعتمادية هي الأنشطة الختامية . ولو أضفنا نشاط النهاية بحيث يعتمد على هذه الأنشطة فإننا نضمن بهذا نهاية واحدة للمشروع . وفي المشروع تحت الدراسة نجد أن الأنشطة المشار اليها أعلاه هي ن ، و ، ل . ويمثل جدول (٣ - ٦) قائمة الأنشطة للمشروع بعد إضافة نشاطي البداية والنهاية . وترتب بعد ذلك الأنشطة وفقاً لترتيبها الأبجدي مع كتابة نشاط البداية أولاً ونشاط النهاية آخراً . ويحدد بعد ذلك تسلسل الخطوات فيأخذ نشاط البداية رقم (١) في الدورة الأولى ، أما رقم (٢) فهو يشمل الأنشطة التي تعتمد على نشاط البداية فقط . ويأخذ نشاط (د) الرقم (٣) من الدورة الأولى ونستمر بنفس الطريقة حتى ننتهي من كل الأنشطة . ونبدأ الدورة الثانية من البداية حتى النهاية ونستمر في تحديد تسلسل الخطوات والدورات حتى الانتهاء من وضع تسلسل الخطوات لكل الأنشطة ، كما في جدول (٣ - ٧) .

جدول (٣ - ٥)

النشاط	يعتمد على
أ	—
ب	—
ج	—
د	أ
هـ	ب
س	ج
ص	د ، هـ ، س
ع	هـ ، س
م	ج
ن	ص
و	ع
ل	م

جدول (٣ - ٦)

النشاط	يعتمد على
أ	بداية
ب	بداية
ج	بداية
د	أ
هـ	ب
س	ج
ص	د ، هـ ، س
ع	هـ ، س
م	ج
ن	ص
و	ع
ل	م
بداية	—
نهاية	ن ، و ، ل

جدول (٣ - ٧)

النشاط	تسلسل الخطوات	
	دورة ١	دورة ٢
بداية	١	—
أ	٢	—
ب	٢	—
ج	٢	—
د	٣	—
هـ	٣	—
س	٣	—
ص	—	٤
ع	—	٤
م	٣	—
ن	—	٥
و	—	٥
ل	٤	—
نهاية	—	٦

ويستنتج من ذلك أن رسم الشبكة التتابعية يبدأ من قائمة النشاط حتى الوصول إلى تسلسل الخطوات . وعند الوصول إلى تسلسل الخطوات نراجع الاعتمادية لمعرفة الاتجاه الصحيح للعلاقة التبادلية بين الأنشطة . وبتطبيق ذلك على مثال تحديث المعمل الكيميائي ، نبدأ بالجدول (٣ - ٤) ونجهز قائمة المشروع مع إضافة نشاطي البداية والنهاية ثم نرتب الأنشطة وبعد ذلك نحدد تسلسل الخطوات كما في جدول (٣ - ٨) . أما شكل (٣ - ٣) فيوضح الشبكة التتابعية لمشروع تحديث المعمل الكيميائي .

جدول (٣ - ٨)

رقم النشاط	يعتمد على	تسلسل الخطوات			
		دورة ١	دورة ٢	دورة ٣	دورة ٤
بداية	—	١	—	—	—
أ	بداية	٢	—	—	—
ب	ه ، ي	—	٤	—	—
ج	هـ	—	٤	—	—
د	ل ، م ، ن	—	—	—	١٠
هـ	أ	٣	—	—	—
و	ع ، ق ، ت	—	—	٨	—
ي	أ	٣	—	—	—
س	ب ، ج ، ر	—	٥	—	—
ص	س ، ز	—	٦	—	—
ع	ب ، ج ، ز	—	٥	—	—
ق	ص ، ف	—	٧	—	—
ل	و	—	—	٩	—
م	و	—	—	٩	—
ن	بداية	٢	—	—	—
ز	بداية	٢	—	—	—
ر	بداية	٢	—	—	—
ف	بداية	٢	—	—	—
ت	ص	—	٧	—	—
نهاية	د	—	—	—	١١

* يلاحظ أننا استبدلنا رقم النشاط برمز حتى لا يحدث اختلاط مع أرقام تسلسل الخطوات .

شكل (٣ - ٣) الشبكة التتابعية ـ مشروع تحديث معمل كيميائي

٣ - ٤ أمثلة

بعد ايضاح طريقتي رسم الشبكة السهمية والشبكة التتابعية فإنه من الممكن الآن رسم الشبكة لأي مشروع . نعرض في الجزء التالي بعض الأمثلة العملية وكيفية التعبير عنها بالرسم .

المشروع الأول

سيتم رسم الشبكة في هذه الحالة لمشروع تتكون أنشطته من أعمال التصميم وإعداد الوثائق ، والجدول التالي يبين قائمة النشاط له :

اسم المشروع : تصميم مبنى إحدى الكليات

مراحل المشروع : الفكرة والتخطيط ـ التصميم ، وإعداد وثائق العقد وأجهزة المختبرات .

رمز النشاط	وصف النشاط	وقت النشاط (يوم)	يعتمد على
أ	التجهيز والترتيب	٧	—
ب	دراسة الموقع والمسح	١٤	أ
ج	البرمجة واقتراح الفكرة	١٤	أ
د	المناقشة واعتماد الفكرة	٧	ج
هـ	التصميم المعماري	٢١	د
و	التصميم الهندسي	٣١	ب ، هـ
ز	إعداد تقرير عن الموقع	٧	ب
ح	المناقشة والاعتماد	٧	و ، ز
ط	إعداد رسومات التنفيذ	٢٣	ح

رمز النشاط	وصف النشاط	وقت النشاط (يوم)	يعتمد على
ي	إعداد وثائق العقد	٣٠	ح
ك	متطلبات المختبرات	٧	ط
ل	وثائق تصميم المختبرات	٢١	ك
م	دراسة وثائق العقد واعتمادها	٧	ي
ن	إعتماد أجهزة المختبرات	١٠	ل
س	التدقيق النهائي والتسليم	٧	م ، ن

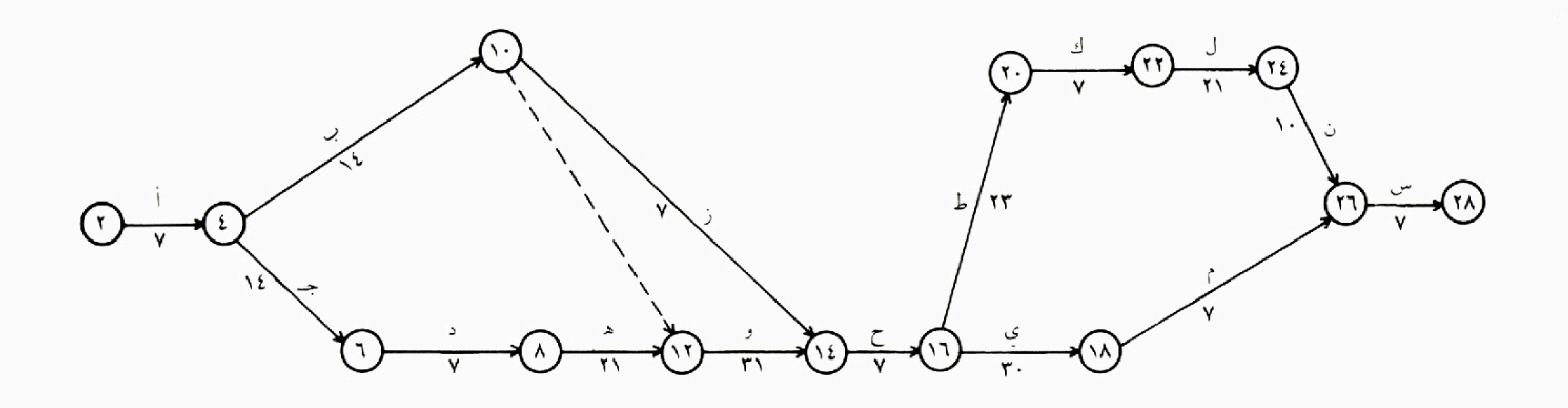
والشكلان التاليان يبينان رسم الشبكة السهمية والشبكة التتابعية ، مع ملاحظة أنه قبل البدء في رسم الشبكة التتابعية لابد من إضافة نشاطي البداية والنهاية ووقتهما صفراً ومن ثم تحديد تسلسل الخطوات .

المشـروع الثاني

إسم المشروع : إنشـاء منزل

رمز النشاط	وصف النشاط	وقت النشاط (يوم)	يعتمد على
أ	البداية	—	—
ب	الحفر والردم	٤	أ
ج	صب الأساسات	٢	ب
د	عمل الشدة الخشبية	٤	ج
هـ	أعمال البناء	٦	د
و	أعمال الصرف والصحي	١	ج
ي	صب أرضية القواعد	٢	و
س	عمليات السباكة الأولية	٣	و
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢	د
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	د ، س
ل	أعمال البياض	١٠	س ، ص ، ع
م	تشطيب الأرضيات	٣	ل
ك	تجهيز المطبخ	١	م
ن	عمليات السباكة النهائية	٢	م
ح	أشغال النجارة	٣	م
س س	تشطيب السقوف	٢	هـ
ص ص	تركيب المصارف	١	س س
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١	ح
م م	فرش الأرضية	٢	ح ، ب ب
ب ب	الدهان	٣	ك ، ن
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١	ب ب
ك ك	تشطيب سلبيات الطرق	٢	ص ص ، ل ل
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥	ك ك
و و	النهاية	صفر	م م ، ع ع ، ن ن

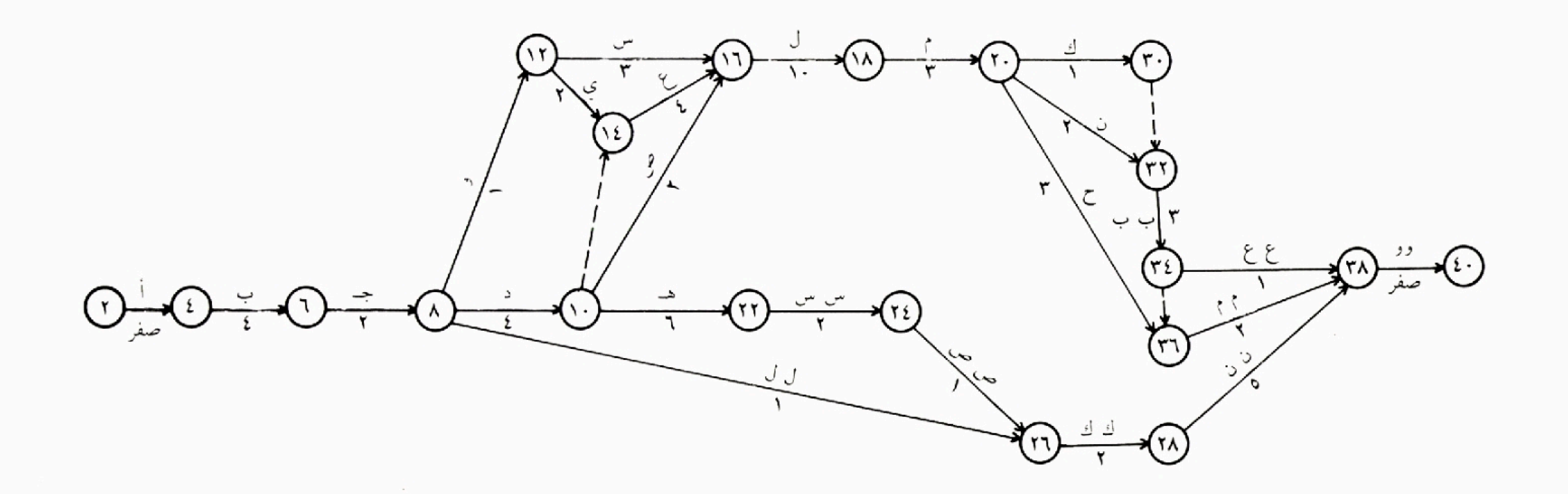
هذا المثال مأخوذ من Modern Production Management 4th Edition by E.S. Buffa.



الشبكة السهمية ـ مشروع تصميم إحدى الكليات

تسلسل الخطوات

الشبكة التتابعية ـ مشروع تصميم مبنى احدى الكليات



الشبكة السهمية ـ مشروع انشاء منزل

والشكل التالي يبين الشبكة السهمية لهذا المشروع ويليه قائمة النشاط مع تسلسل الخطوات ، ثم الشبكة التتابعية لمشروع إنشاء المنزل .

قائمة الأنشطة ـ مشروع إنشاء منزل

النشاط	يعتمد على	تسلسل الخطوات	
		دورة (١)	دورة (٢)
أ	—	١	—
ب	أ	٢	—
ج	ب	٣	—
د	ح	٤	—
هـ	د	٥	—
و	ح	٤	—
ي	و	٥	—
س	و	٥	—
ص	د	٥	—
ع	د ، ي	٦	—
ل	س ، ص ، ع	٧	—
م	ل	٨	—
ك	م	٩	—
ن	م	٩	—
ح	م	٩	—
س س	هـ	٦	—
ص ص	س س	٧	—
ل ل	ح	٤	—
م م	ح ، ب ب	—	١١
ب ب	ك ، ن	١٠	—
ع ع	ب ب	١١	—
ك ك	ص ص ، ل ل	٨	—
ن ن	ك ك	٩	—
و و	م م ، ع ع ، ن ن	—	١٢

تسلسل الخطوات

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢

السبكة التتابعية ـ مشروع انشاء منزل

المشروع الثالث : إعادة تشييد ماكينة تجليخ العدد

رمز النشاط	وصـــــف النشـــاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
أ	فصل التيار الكهربائي	—	٠,٢
ب	الاختبار الأولي مع توصيل التيار	أ	٠,٢
ج	فك الأجزاء الكهربائية	ب	٠,٢
ح	تنظيف الماكينة	ج	٠,٣
د	فك الأجزاء الميكانيكية	ج	٠,٢
ر	تنظيف أجزاء الماكينة	ح	٠,٤
س	إعداد قائمة الأجزاء الميكانيكية	ر	٠,٥
ص	طلب الأجزاء	س	٠,٥
ع	استلام الأجزاء	ص	١
ل	دهان الرواسم الصغرى	ع	٢٥
ك	فحص أجزاء الماكينة	س	١,٥
م	فحص إعداد قائمة الأجزاء الكهربائية	ك	١
ن	دهان الموتور	م	١
هـ	تجميع الموتور	ي ، أ أ ، ب ب	٠,٨
و	فحص العربة	ص	٢,٥
ي	فحص الرواسم الصغرى	ر ر	٢
أ أ	فحص الفرش	م	٢
ب ب	دهان الماكينات	ن	٢
ج ج	كشط الرواسم العريضة	هـ	١
ح ح	كشط الفرش	س	١
د د	كشط العربة	د	٠,٥
ر ر	فحص الأجزاء الصغيرة	ك	٢
س س	تركيب عامود الدوران الرئيسي	ل ، و ، ح ح	١
ص ص	تجميع الأجزاء	ل، و، ج ج، ح ح	١
ع ع	كشط الأجزاء الصغيرة	د د	٠,٥
ل ل	تجميع رأس الماكينة	ل ، و ، ح ح	١
ك ك	تركيب الموتور والأجزاء الكهربائية	ع ع	٠,٣
م م	تركيب الرواسم الصغرى	ل ، و ، ح ح	٠,٤
ن ن	توصيل التيار الكهربائي واختبار الماكينة	ك ك، م م، ل ل، س س ، ص ص	٠,٥
هـ هـ	نقل الماكينة لموقعها وأعمال التشطيب والتسليم	ن ن	٠,٣

* هذه البيانات مأخوذة من : R.D. Archibald and R.L. Villoria, Network-Based Management Systems, John Wiley and Sons, New York, 1967.

والشكل التالي يبين الشبكة السهمية ثم قائمة النشاط مع تسلسل الخطوات والشبكة التتابعية .

الشبكة السهمية ـ إعادة تشييد ماكينة تجليخ العدد

قائمة الأنشطة ـ إعادة تشييد ماكينة تجليخ العدد

رمز النشاط	يعتمد على	تسلسل الخطوات		
		دورة ١	دورة ٢	دورة ٣
البداية	—	١	—	—
أ	النهاية	٢	—	—
ب	أ	٣	—	—
ج	ب	٤	—	—
ح	ج	٥	—	—
د	ج	٥	—	—
ر	ح	٦	—	—
س	ر	٧	—	—
ص	س	٨	—	—
ع	ص	٩	—	—
ل	ع	١٠	—	—
ك	س	٨	—	—
م	ك	٩	—	—
ن	م	١٠	—	—
هـ	ي ، أ أ ، ب ب	—	—	١٢
و	ص	٩	—	—
ي	ر ر	—	١٠	—
أ أ	م	١٠	—	—
ب ب	ن	١١	—	—
ج ج	هـ	—	—	١٣
ح ح	س	٨	—	—
د د	د	٦	—	—
ر ر	ك	٩	—	—
س س	ل ، و ، ح ح	١١	—	—
ص ص	ل ، و ، ج ج ، ح ح	—	—	١٤
ع ع	د د	٧	—	—
ل ل	ل ، و ، ح ح	١١	—	—
ك ك	ع ع	٨	—	—
م م	ل ، و ، ح ح	١١	—	—
ن ن	ك ك ، م م ، ص ص ، ل ل ، س س	—	—	١٥
هـ هـ	ن ن	—	—	١٦
النهاية	هـ هـ	—	—	١٧

تسلسل الخطوات

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧

الشبكة التتابعية ـ مشروع اعادة تشييد ماكينة تجليخ العدد

٣ - ٥ حسابات الشبكة السهمية

تبدأ مرحلة الحسابات بعد الانتهاء من رسم الشبكة . وهنا نحتاج للوقت اللازم لكل نشاط لكي نبدأ حسابات الشبكة . ويستفاد من حسابات الشبكة في تحديد الآتي :

١ - موعد بدء وانتهاء كل نشاط .
٢ - موعد تسليم المشروع .
٣ - الأنشطة التي يعتمد عليها موعد تسليم المشروع .
٤ - المرونة الزمنية لكل نشاط والنقاط الزمنية التي يمكن للنشاط أن يبدأ وينتهي فيها بدون أن يؤخر موعد تسليم المشروع .

وتنقسم حسابات الشبكة إلى مرحلتين . تسمى المرحلة الأولى حسابات الوقت الأول للمشروع والتي تحدد الوقت المبكر للبدء والانتهاء لكل نشاط ، أما المرحلة الثانية فتسمى حسابات الوقت الأخير للمشروع والتي تحدد الوقت المتأخر للبدء والانتهاء من كل نشاط .

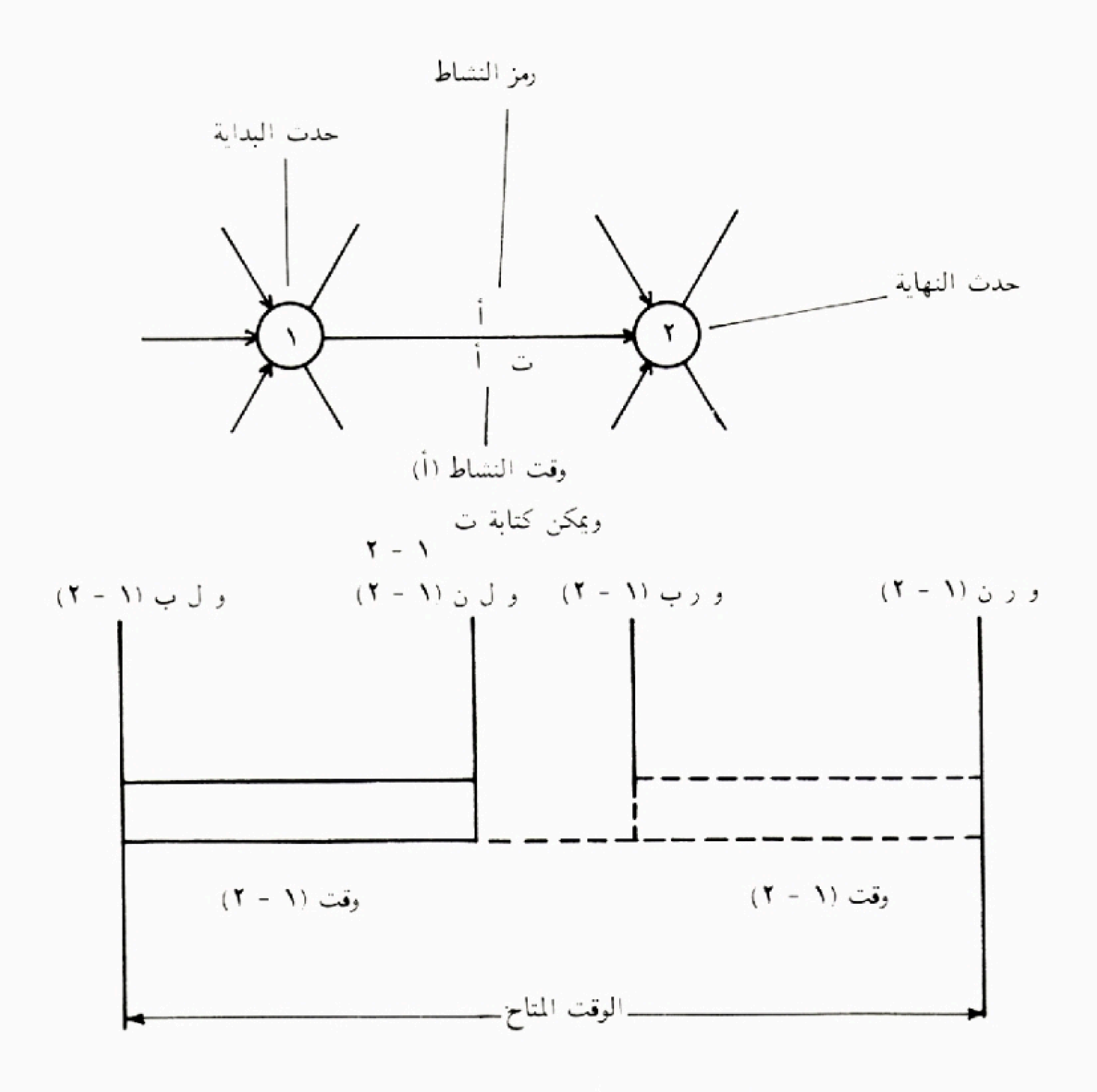
٣ - ٥ - ١ الأوقات الأربعة للنشاط

يعبر عن النشاط في الشبكة السهمية ـ كما ذكرنا سابقاً ـ بسهم له اتجاه ، ويقع ذيله على دائرة البدء ورأسه على دائرة الانتهاء من النشاط . ويعرّف كل نشاط في الشبكة بأربعة أوقات هي : -

و ل ب — الوقت الأول للبدء
و ل ن — الوقت الأول للانتهاء
و ر ب — الوقت الأخير للبدء
و ر ن — الوقت الأخير للانتهاء

والوقت الأول لبدء أي نشاط هو النقطة الزمنية التي يمكن عندها بدء هذا النشاط ويعتمد (و ل ب) على رأس الدائرة التي يقع عندها ذيل السهم ، أما الوقت الأخير للانتهاء فيعتمد على الدائرة عند رأس السهم ، فيحدد (و ر ن) على أساس المحافظة على وقت الانتهاء من حدث نهاية النشاط والذي يدخل فيه رأس السهم الخاص بالنشاط تحت الدراسة بشرط عدم تأخير موعد تسليم المشروع .

ويحسب الوقت الأول للانتهاء على أساس إضافة وقت النشاط على الوقت الأول للبدء أما الوقت الأخير للبدء فيحسب على أساس أنه خارج طرح وقت النشاط من الوقت الأخير للانتهاء . ويمثل شكل (٣ - ٤) الأوقات الأربعة للنشاط .



شكل (٣ - ٤) الأوقات الأربعة للنشاط

٣ - ٥ - ٢ تحديد المسار الحرج

يعتبر تحديد المسار الحرج من أهم مراحل الجدولة بهذه الطريقة حيث يستفاد من المسار الحرج لتحديد موعد تسليم المشروع . ويتكون المسار الحرج من مجموعة من الأنشطة الحرجة مبتدئة بحدث البداية حتى حدث النهاية ولذلك فإنه عند تحديد المسار الحرج يجب معرفة الأنشطة الحرجة ، ويستفاد كذلك من المسار الحرج في تحديد الأنشطة غير الحرجة والتي يمكن تأخير بدايتها بدون أن تؤثر على موعد تسليم المشروع . تحسب الأوقات الأربعة لكل نشاط كالتالي وذلك لمعرفة المسار الحرج .

٣ - ٥ - ٢ - ١ حسابات الوقت الأول للمشروع

« Forward Pass Calculations »

يهدف هذا الجزء من الحسابات إلى تحديد موعد انتهاء المشروع . ويتحدد ذلك من خلال مجموعة من الأنشطة المستمرة من حدث البداية حتى حدث النهاية . وتكون هذه الأنشطة المتصلة أطول

مسار زمني . ولو افترضنا أن وقت البدء عند حدث البداية صفراً فإن الوقت الأول للبدء لأي نشاط يبدأ من حدث البداية يكون أيضاً صفراً ، ويكون الوقت الأول للانتهاء من هذا النشاط هو صفر زائد وقت النشاط . وعند الاستمرار في الحسابات بهذه الطريقة يجب مراعاة أن الوقت الأول للبدء لأي نشاط يساوي أكبر وقت أول للانتهاء لمجموعة الأنشطة التي يعتمد عليها النشاط المراد حساب الوقت الأول لبدئه . ويمثل شكل (٣ - ٥) مجموعة أمثلة بسيطة تبين كيفية حساب الوقت الأول لبدء وانتهاء أي نشاط . ويعبر شكل (٣ - ٥ - ١) عن ثلاثة أنشطة لا تعتمد على أية أنشطة أخرى وعلى هذا يمكن رسمها من حدث البداية ، وإذا افترضنا أن حدث البداية هو صفراً فإن الوقت الأول للبدء لكل من الثلاثة أنشطة هو صفر والوقت الأول للانتهاء لها هو الصفر مضافاً إليه وقت النشاط في كل حالة كما هو موضح بالشكل . أما الشكل (٣ - ٥ - ٢) فيمثل ثلاثة أنشطة كجزء من شبكة سهمية . النشاطان أ ، ح لا يعتمدان على أية أنشطة أخرى أما النشاط ب فيعتمد على النشاط أ . ويكون على ذلك الوقت الأول لبدء النشاطين أ ، ح هو الصفر ، أما الوقت الأول لبدء النشاط ب فيعادل الوقت الأول للانتهاء من النشاط أ فقط (حيث أنه يعتمد على النشاط أ) . ويوضح شكل (٣ - ٥ - ٢) هذه الحسابات . ولحساب الوقت الأول للأربعة أنشطة أ ، ب ، ح ، د الموضحة بشكل (٣ - ٥ - ٣) ، نوضح التالي :

الوقت الأول لبدء النشاطين أ ، ب هو الصفر ، الوقت الأول لبدء النشاط ج يعادل الوقت الأول للانتهاء من النشاط أ (ح يعتمد على أ) ، أما الوقت الأول لبدء النشاط د فيعادل الوقت الأكبر من الوقت الأول للانتهاء من النشاطين أ ، ب ، (د يعتمد على كل من أ ، ب) . ويبين شكل (٣ - ٥ - ٤) خمسة أنشطة . الوقت الأول لبدء النشاطين أ ، ب هو الصفر . الوقت الأول للانتهاء منهما هو ٥ ، ٧ على التوالي . الوقت الأول لبدء النشاط ح يساوي الوقت الأول للانتهاء من النشاط أ أي خمسة . الوقت الأول لبدء أي من النشاطين د ، هـ يساوي الوقت الأكبر من الوقت الأول للانتهاء من النشاطين ب ، ح (د ، هـ يعتمدان على ب ، ج) .

وعلى ذلك يمكن القول أنه عند حساب الوقت الأول لبدء أي نشاط ينظر إلى ذيل سهم هذا النشاط وأيضاً إلى الأنشطة الداخلة في دائرة (حدث) النشاط تحت الدراسة ويؤخذ أكبر وقت أول للانتهاء من هذه الأنشطة . فلو افترضنا أن حدث ما يدخل فيه خمسة أنشطة والوقت الأول للانتهاء منهم هو ١٦ ، ٧ ، ٩ ، ٢١ ، ١٧ ساعة ، ويخرج منها نشاطان فيكون الوقت الأول لبدء كل من هذين النشاطين هو ٢١ ساعة .

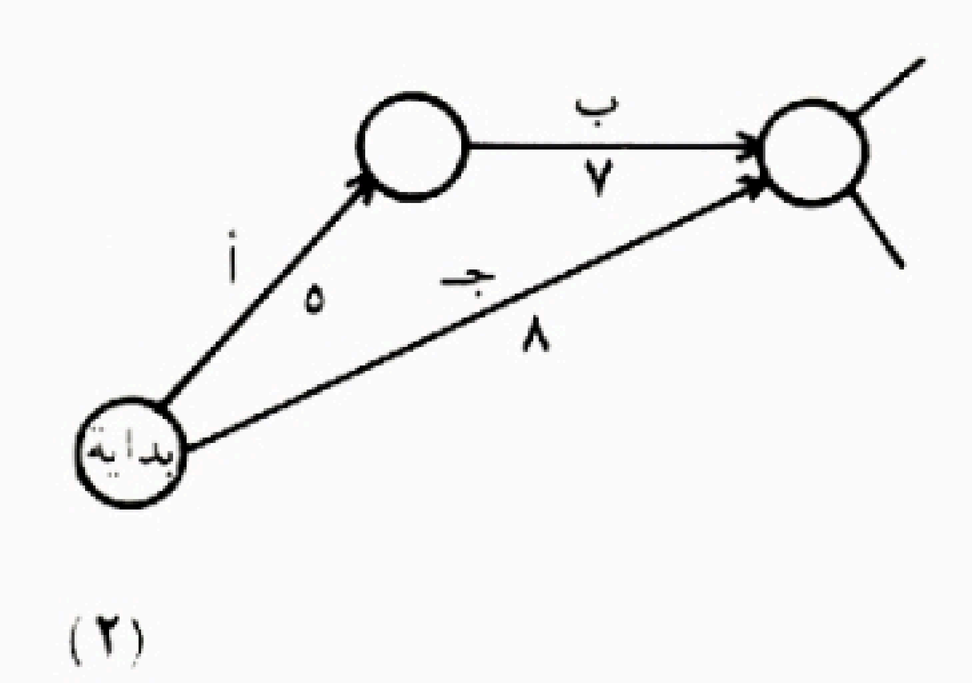
يوضح جدول (٣ - ٩) قائمة الأنشطة ووقت النشاط لمشروع ما حيث يراد تحديد المسار الحرج لهذا المشروع . كما يوضح شكل (٣ - ٦) الشبكة السهمية لهذا المشروع . كما تم بعد ذلك حساب الوقت الأول للبدء والانتهاء من أنشطة المشروع على نفس الجدول (٣ - ٩) .

الأنشطة أ ، ب ، ح لا تعتمد على أية أنشطة أخرى فيكون

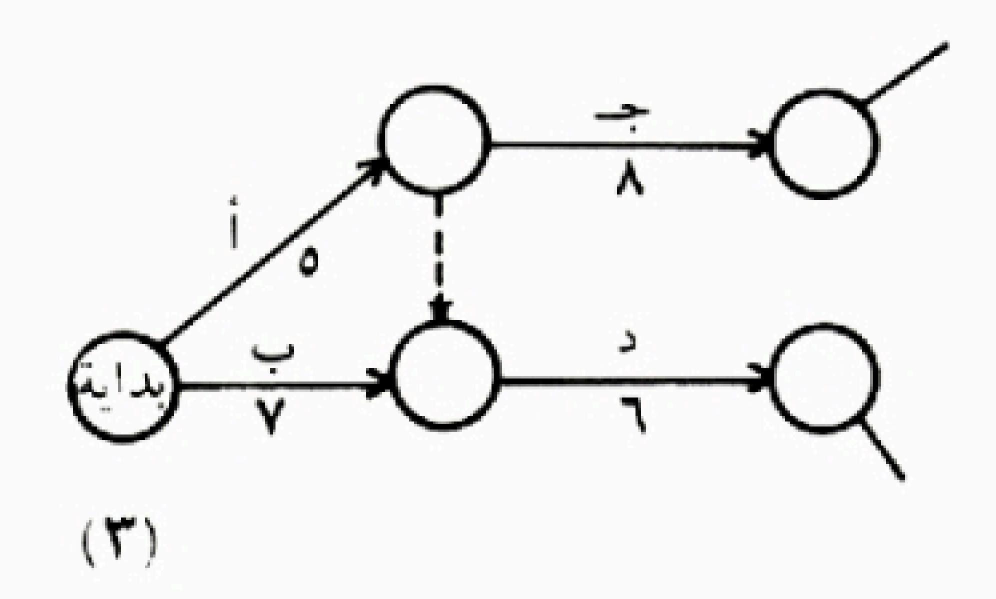
النشاط	وقت النشاط	و ل ب	و ل ن
أ	٥	صفر	٥
ب	٧	صفر	٧
ح	٨	صفر	٨

(١)

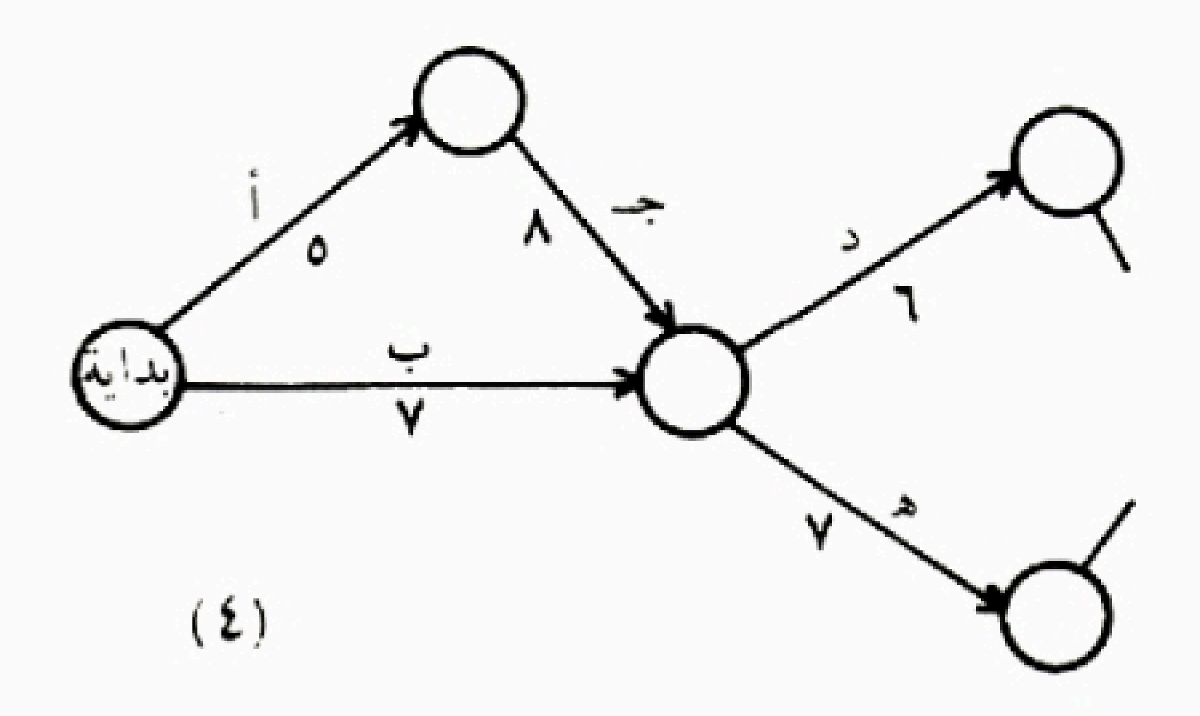
النشاط	وقت النشاط	و ل ب	و ل ن
أ	٥	صفر	٥
ب	٧	٥	١٢
ح	٨	صفر	٨



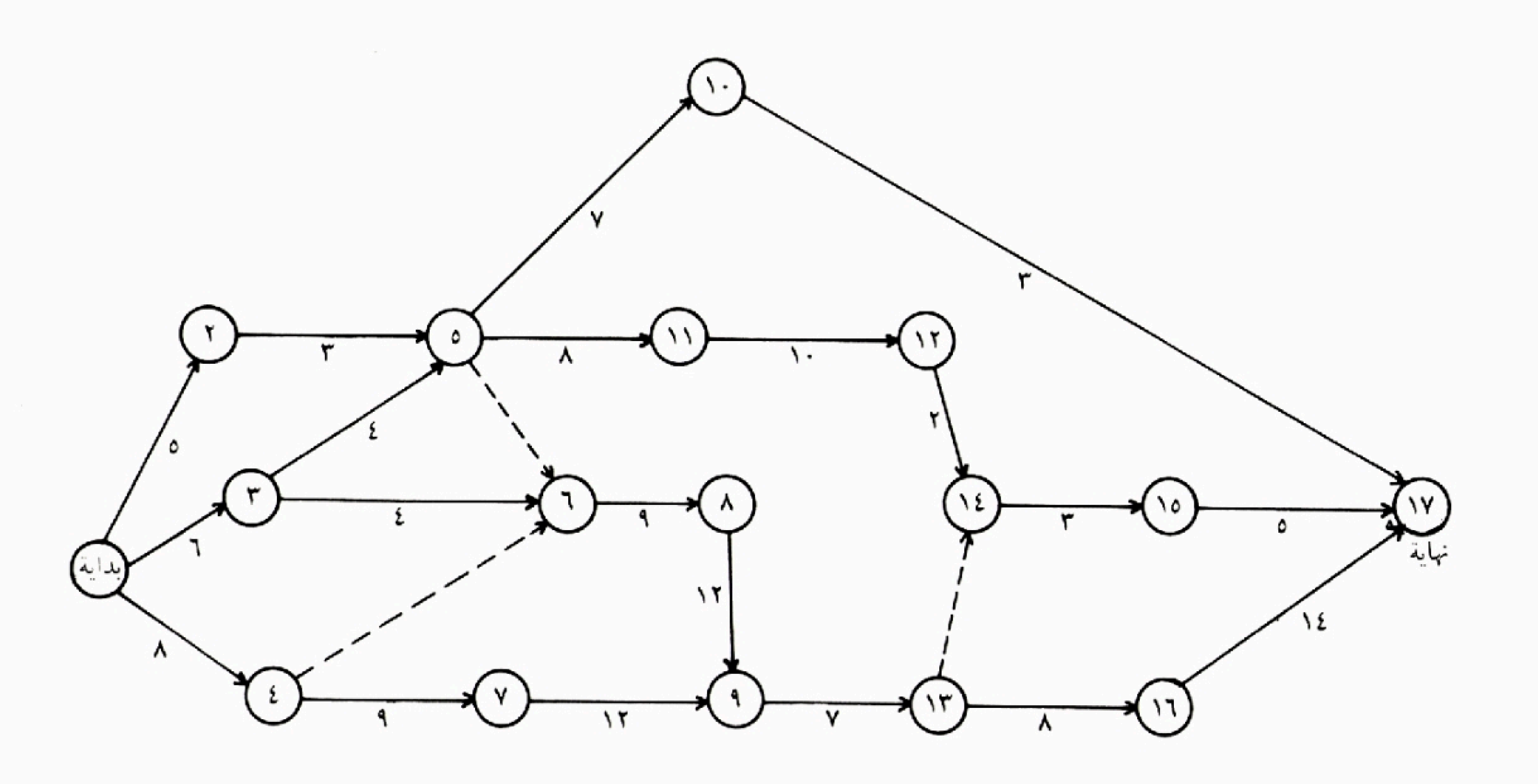
النشاط	وقت النشاط	و ل ب	و ل ن
أ	٥	صفر	٥
ب	٧	صفر	٧
ج	٨	٥	١٣
د	٦	٧	١٣



النشاط	وقت النشاط	و ل ب	و ل ن
أ	٥	صفر	٥
ب	٧	صفر	٧
ح	٨	٥	١٣
د	٦	١٣	١٩
هـ	٧	١٣	٢٠



شكل (٣ - ٥) كيفية حساب الوقت الأول للنشاط



شكل (٢ - ٦) الشبكة السهمية للمشروع

جدول (٣ - ٩)

النشـــاط		وقت النشاط (يوم)	و ل ب	و ل ن
حدث البدء	حدث النهاية			
١	٢	٥	صفر	٥
١	٣	٦	صفر	٦
١	٤	٨	صفر	٨
٢	٥	٣	٥	٨
٣	٥	٤	٦	١٠
٣	٦	٤	٦	١٠
٤	٦	صفر	٨	٨
٤	٧	٩	٨	١٧
٥	١٦	صفر	١٠	١٠
٥	١٠	٧	١٠	١٧
٥	١١	٨	١٠	١٨
٦	٨	٩	١٠	١٩
٧	٩	١٢	١٧	٢٩
٨	٩	١٢	١٩	٣١
٩	١٣	٧	٣١	٣٨
١٠	١٧	٣	١٧	٢٠
١١	١٢	١٠	١٨	٢٨
١٢	١٤	٢	٢٨	٣٠
١٣	١٤	صفر	٣٨	٣٨
١٣	١٦	٨	٣٨	٤٦
١٤	١٥	٣	٣٨	٤١
١٥	١٧	٥	٤١	٤٦
١٦	١٧	١٤	٤٦	٦٠

٣ - ٥ - ٢ - ٢ حسابات الوقت الأخير للمشروع

تبين لنا من الجزء السابق أن حسابات الوقت الأول للمشروع تتقدم بطريقة منطقية لتسلسل الأنشطة . إذ تبدأ من حدث بداية أي نشاط وتسير للأمام على مسارات إنهاء المشروع إلى حدث نهاية النشاط ومن ثم المشروع . أما طريقة حساب الوقت الأخير فتتم بطريقة عكسية . يفترض

الالتزام بموعد تسليم المشروع فيكون الوقت الأخير لانتهاء المشروع يساوي الوقت الأول لانتهاء المشروع . ولإيجاد الوقت الأخير لأي نشاط ننظر إلى الدائرتين (الحدثين) اللذين يحددان النشاط . ونبدأ بالدائرة التي بها رأس سهم النشاط ويكون الوقت الأخير لانتهاء هذا النشاط هو أقل وقت أخير لبدء أي نشاط يخرج من هذه الدائرة . أما الوقت الأخير لبدء النشاط تحت الدراسة فهو حاصل طرح وقت النشاط من الوقت الأخير لانتهاء النشاط .

يبين شكل (٣ - ٧) مجموعة من الأمثلة البسيطة وطريقة حساب الوقت الأخير لأي نشاط . ويوضح الشكل (٣ - ٧ - ١) مثالاً بسيطاً مكونا من نشاطين س ، ص مرتبطين بحدث النهاية . الوقت الأخير لانتهاء النشاطين هو ٦٠ يوماً (يعادل الوقت الأول لتسليم المشروع)، وعلى ذلك يكون الوقت الأخير لبدء كل من النشاطين هو(٦٠-٧=٥٣)،(٦٠-٨=٥٢)على التوالي . يمثل الشكل (٣ - ٧ - ٢) الجزء الأخير من مشروع ما ويتكون من ثلاثة أنشطة ويلاحظ أن الوقت الأخير للنشاطين س ، ع يمكن حسابهما بمعرفة الوقت الأول لتسليم المشروع أما الوقت الأخير لانتهاء النشاط ص فيعتمد على حدث البداية للنشاط ع وعلى هذا فإنه يساوي الوقت الأخير لبدء النشاط ع . ولحساب الوقت الأخير للأربعة أنشطة المبينة في شكل (٣ - ٧ - ٣) ، يمكن حساب الوقت الأخير للنشاطين ع ، م بمعلومية الوقت الأخير لانتهاء المشروع . حيث أن الوقت الأول لانتهاء المشروع هو ٦٥ يوماً فيكون الوقت الأخير لانتهاء النشاطين هو ٦٥ يوماً . أما الوقت الأخير لبدء النشاطين فهو (٦٥ - ٤) = (٦١) ، (٦٥ - ٧ = ٥٨) على التوالي . ويبقى ثلاثة أنشطة س ، ص ، ل لم يتم حساب الوقت الأخير لها ويمكن الآن حساب النشاطين ل ، س وكذلك النشاط اللاوقتي. أما النشاط ص فيمكن حسابه بعد الانتهاء من حساب النشاط ل ، والنشاط اللاوقتي . ويلاحظ أن الوقت الأخير لانتهاء هذا النشاط هو القيمة الدنيا للوقت الأخير لبدء النشاطين ل والنشاط اللاوقتي أي ٥٦ يوماً . لو افترضنا أن مجموعة من الأنشطة تمثل جزءاً متوسطا من الشبكة ، كما هو مبين في شكل (٣ - ٧ - ٤) ، وافترضنا كذلك بأن الوقت الأخير للانتهاء من النشاطين ل ، م هما ٧٢ ، ٦٨ يوماً على التوالي ، فيكون الوقت الأخير للبدء فيهما هو (٧٢ - ٥) ، (٦٨ - ٨) يوماً على التوالي . الوقت الأخير للانتهاء من النشاطين ص ، ع هو القيمة الدنيا للوقت الأخير للبدء في النشاطين ل ، م أي ستون يوماً . ويمكن بنفس الطريقة الاستمرار في حساب الوقت الأخير للأنشطة المتبقية كما هو مبين بالشكل.

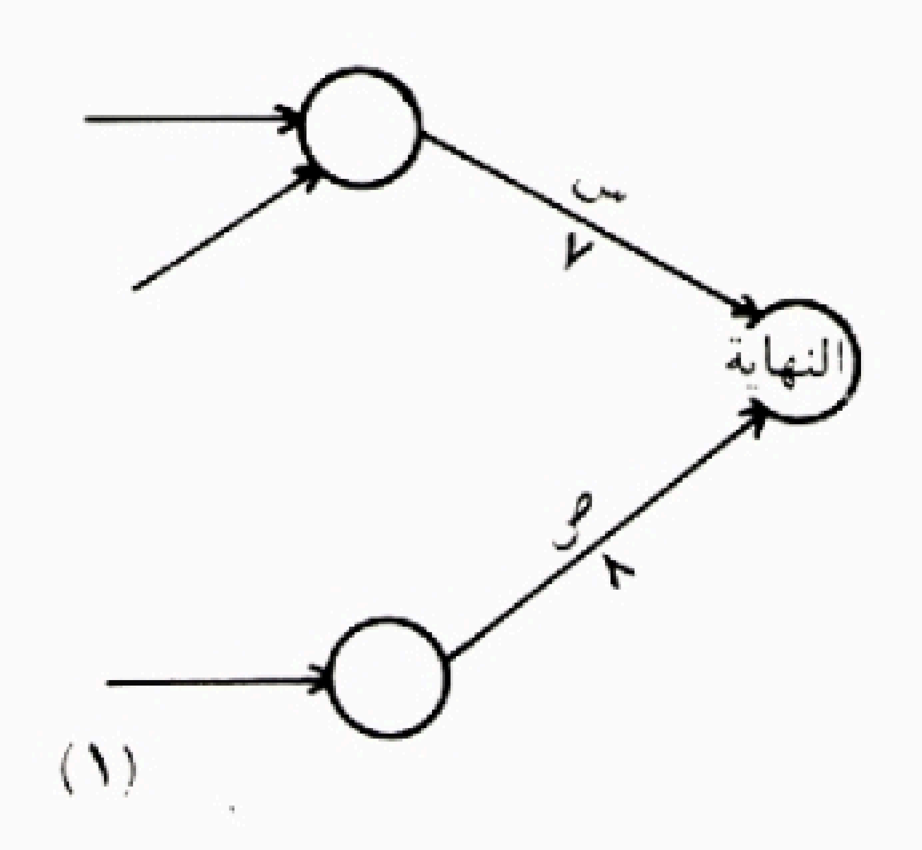
يبين جدول (٣ - ١٠) الوقت الأول والأخير لأنشطة المشروع تحت الدراسة ويلاحظ أننا اعتبرنا الوقت المتأخر لانتهاء المشروع مساوياً الوقت الأول لانتهائه أي ستين يوماً. ويلاحظ على سبيل المثال أن الوقت الأخير للانتهاء من النشاط (٥ - ١٣) هو القيمة الدنيا للوقت الأخير للبدء في النشاطين (١٣ - ١٤) ، (١٣ - ١٦) أي ٣٨ يوماً وإلا تغير وقت انتهاء المشروع . كذلك الوقت الأخير للانتهاء من النشاطين (٢ - ٥) ، (٣ - ٥) يعادل القيمة الدنيا للبدء الأخير في الأنشطة (٥ - ٦) ، (٥ - ١٠) ، (٥ - ١١) أي أنه عشرة أيام . ويستمر العمل بنفس الطريقة حتى الانتهاء من حساب الوقت الأخير لجميع أنشطة المشروع .

جدول (٣ - ١٠)

النشـــاط		وقت النشاط (يوم)	الوقت الأول		الوقت الأخير	
حدث البدء	حدث النهاية		و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن
١	٢	٥	صفر	٥	٢	٧
١	٣	٦	صفر	٦	صفر	٦
١	٤	٨	صفر	٨	٢	١٠
٢	٥	٣	٥	٨	٧	١٠
٣	٥	٤	٦	١٠	٦	١٠
٣	٦	٤	٦	١٠	٦	١٠
٤	٦	صفر	٨	٨	١٠	١٠
٤	٧	٩	٨	١٧	١٠	١٩
٥	٦	صفر	١٠	١٠	١٠	١٠
٥	١٠	٧	١٠	١٧	٥٠	٥٧
٥	١١	٨	١٠	١٨	٣٢	٤٠
٦	٨	٩	١٠	١٩	١٠	١٩
٧	٩	١٢	١٧	٢٩	١٩	٣١
٨	٩	١٢	١٩	٣١	١٩	٣١
٩	١٣	٧	٣١	٣٨	٣١	٣٨
١٠	١٧	٣	١٧	٢٠	٥٧	٦٠
١١	١٢	١٠	١٨	٢٨	٤٠	٥٠
١٢	١٤	٢	٢٨	٣٠	٥٠	٥٢
١٣	١٤	صفر	٣٨	٣٨	٥٢	٥٢
١٣	١٦	٨	٣٨	٤٦	٣٨	٤٦
١٤	١٥	٣	٣٨	٤١	٥٢	٥٥
١٥	١٧	٥	٤١	٤٦	٥٥	٦٠
١٦	١٧	١٤	٤٦	٦٠	٤٦	٦٠

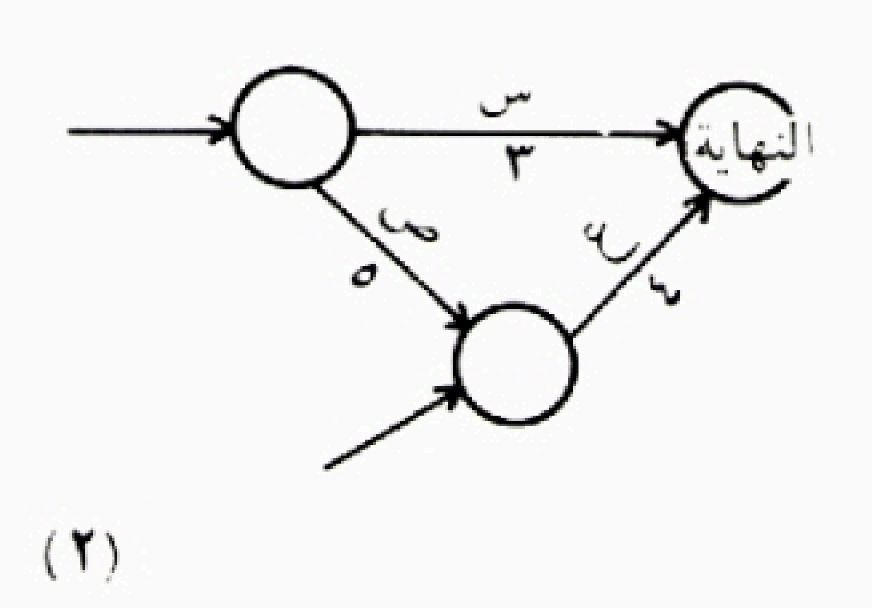
٣ - ٥ - ٢ - ٣ النشاط الحرج

لو نظرنا إلى أي شبكة سهمية نجد أنها تتكون من أسهم لها اتجاه تمثل النشاط ، ودوائر تربط هذه الأنشطة بعضها ببعض تسمى الحدث . ويربط كل نشاط ـ كما أسلفنا دائرتين ، الأولى والتي يخرج منها السهم أي ذيل السهم تسمى حدث البداية ، والثانية التي يصل اليها السهم أي رأس السهم تسمى حدث النهاية . ويلاحظ أن أي من هذه الدوائر يصل اليها ويخرج منها



الوقت الأول لتسليم المشروع ٦٠ يوماً

النشاط	وقت النشاط	و ر ب	و ر ن
س	٧	٥٣	٦٠
ص	٨	٥٢	٦٠



الوقت الأول لتسليم المشروع ٥٠ يوماً

النشاط	وقت النشاط	و ر ب	و ر ن
س	٣	٤٧	٥٠
ع	٤	٤٦	٥٠
ص	٥	٤١	٤٦

الوقت الأول لتسليم المشروع ٦٥ يوماً

النشاط	وقت النشاط	و ر ب	و ر ن
س	٥	٥٦	٦١
ص	٦	٥٠	٥٦
ع	٤	٦١	٦٥
ل	٢	٥٦	٥٨
م	٧	٥٨	٦٥
النشاط اللاوقتي صفر		٦١	٦١

نفترض أن الوقت الأخير لانتهاء كل من ل ، م
هما ٧٢ ، ٦٨ يوماً على التوالي

النشاط	وقت النشاط	و ر ب	و ر ن
س	٥	٤٨	٥٣
ص	٦	٥٤	٦٠
ع	٧	٥٣	٦٠
ل	٥	٦٧	٧٢
م	٨	٦٠	٦٨

شكل (٣ - ٧) كيفية حساب الوقت الأخير للنشاط

سهم أو أكثر أي أنها تسمى في بعض الأحيان حدث النهاية بالنسبة للأسهم الواصلة اليها وحدث البداية للأسهم الخارجة منها ، ويستثنى من ذلك حدث بداية المشروع فتخرج منه أسهم ولا يصل اليه أي سهم ، وأيضاً حدث نهاية المشروع والذي يصل اليه أسهم ولا يخرج منه أي سهم .

ويعرف لكل حدث وقتان هما الوقت الأول للحدث (ل ح) والوقت الأخير للحدث (ر ح) ففي حالة حدث ما يصل اليه النشاطان س ، ص ويخرج منه الأنشطة أ ، ب ، ح يكون حساب وقتي الحدث كما يلي :

الوقت الأول للحدث = أكبر قيمة للوقت الأول لانتهاء الأنشطة الداخلة في

ل ح - هذا الحدث (أي الأنشطة التي يعتمد انتهاء الحدث على الانتهاء منها) .

الوقت الأخير للحدث = أقل قيمة للوقت الأخير لبدء الأنشطة الخارجة

ر ح - من هذا الحدث (وهي الأنشطة التي يعتمد البدء فيها الانتهاء من هذا الحدث) .

ويحسب (ل ح) عند حساب الوقت الأول للمشروع ، أما (ر ح) فيحسب عند حساب الوقت الأخير للمشروع ، فلو افترضنا أن الوقت الأول لانتهاء النشاطين س ، ص هو ٢٥ ، ٣٨ يوماً على التوالي ، والوقت الأخير للبدء في الأنشطة أ ، ب ، ج هو ٤٠ ، ٥٢ ، ٣٩ يوماً على التوالي ، يكون الوقت الأول للحدث هو ٣٨ يوماً والوقت الأخير للحدث هو ٣٩ يوماً .

ويستفاد من حساب وقتي الحدث في تحديد المسار الحرج للمشروع وذلك بتعريف الأنشطة الحرجة ، وتتم الحسابات كلها على الشبكة السهمية بدون تعريف الوقت الأول أو الأخير لأي نشاط .

ويمكن حساب وقتي الحدث في المشروع تحت الدراسة كما هو مبين في جدول (٣ - ١١) ((وتقدر هذه الأوقات من جدول (٣ - ١٠) مباشرة)) .

جدول (٣ - ١١) حسابات وقتي الحدث للمشروع

الحدث	ل ح (أكبر قيمة للوقت الأول لانتهاء الأنشطة)	ر ح (أقل قيمة للوقت الأخير لبدء الأنشطة)
١	لا توجد أي أنشطة قبل حدث البدء أي أن الوقت هو صفراً	(١-٢) ، (١-٣) ، (١-٤) ٢ ، صفر ، ٢ أي صفراً
٢	(١-٢) أي ٥	(٢-٥) أي ٧
٣	(١-٣) أي ٦	(٣-٥) ، (٣-٦) أي ٦
٤	(١-٤) أي ٨	(٤-٦) ، (٤-٧) أي ١٠
٥	(٢-٥) ، (٣-٥) ٨ ، ١٠ أي ١٠	(٥-٦) ، (٥-١٠) أي ١٠

تابع جدول (٣ - ١١) حسابات وقتي الحدث للمشروع

الحدث	ل ح (أكبر قيمة للوقت الأول لانتهاء الأنشطة)	ر ح (أقل قيمة للوقت الأخير لبدء الأنشطة)
ويستمر العمل بنفس الطريقة حتى نحصل على بقية الحوادث .		
٦	١٠	١٠
٧	١٧	١٩
٨	١٩	١٩
٩	٣١	٣١
١٠	١٧	٥٧
١١	١٨	٤٠
١٢	٢٨	٥٠
١٣	٣٨	٣٨
١٤	٣٨	٥٢
١٥	٤١	٥٥
١٦	٤٦	٤٦
١٧	٦٠	٦٠

وتعتبر هذه طريقة مبسطة للحل وتستخدم غالباً في المشـاريع الصغـيرة ، أمـا الطريقـة التفصيلية لحساب أوقات النشاط فتظهر أهميتها عند تخطيط المشروعات الكبيرة ، بالإضافة إلى تحديد المسار الحرج لها .

ويبدأ المسار الحرج من حدث البداية سالكاً طريقه خلال الأنشطة بطريقة مستمرة حتى حدث النهاية ، وهو أطول مسار زمني يمكن خلاله الانتهاء من كل أنشطة المشروع ، ويمكن أن يكون للمشروع أكثر من مسار حرج ، وتسمى الأنشطة التي يسلكها المسار الحرج بالأنشطة الحرجة ، ويحدد النشاط الحرج بطريقتين : الأولى باستخدام أوقـات النشـاط (الوقـت الأول والأخير للبدء والانتهاء من النشاط وكذلك وقت النشاط) أما الثانية باستخدام أوقات الحدث (وقتي حدث البداية ووقتي حدث النهاية للنشاط ووقت النشاط) .

ويكون النشاط حرجاً في الطريقة الأولى إذا تحققت الشروط التالية معاً :

١ - الوقت الأول لبدء النشاط = الوقت الأخير لبدء النشاط .

٢ - الوقت الأول لانتهاء النشاط = الوقت الأخير لانتهاء النشاط .

٣ - حاصل طرح (و ر ن ـ و ر ب) = (و ل ن ـ و ل ب) يساوي وقت النشاط .

أما طريقة وقتي الحدث فيكون النشاط حرجاً إذا توفرت الشروط التالية :

١ - وقتي حدث بداية أي نشاط متساويان .

٢ - وقتي حدث نهاية النشاط متساويان .

٣ - الفرق بين وقتي حدث النهاية والبداية يساوي وقت النشاط .

ولتحديد المسار الحرج للمشروع تحت الدراسة نرجع إلى جدول (٣ - ١٠) ونستنتج التالي :

الأنشطة الحرجة : (١-٣) ، (٣-٥) ، (٣-٦) ، (٥-٦) ، (٦-٨) ، (٨-٩) ، (٩-١٣) ، (١٣-١٦) ، (١٦-١٧) .

أما بقية الأنشطة فهي غير حرجة . ويوجد في هذه الحالة مساران حرجان هما :

المسار الحرج الأول : (١-٣) ـ (٣-٥) ـ (٥-٦) ـ (٦-٨) ـ (٨-٩) ـ (٩-١٣) ـ (١٣-١٦) ـ (١٦-١٧)

المسار الحرج الثاني : (١-٣) ـ (٣-٦) ـ (٦-٨) ـ (٨-٩) ـ (٩-١٣) ـ (١٣-١٦) ـ (١٦-١٧) .

٣ - ٥ - ٣ المرونة الوقتية

يلاحظ بعد تحديد المسار الحرج أن المشروع يتكون من أنشطة حرجة وأخرى غير حرجة . ويتحدد موعد تسليم المشروع بجمع أوقات الأنشطة الحرجة على مسار حرج، وإذا زاد وقت أي نشاط حرج فإن ذلك يؤثر تأثيراً مباشراً على تأخير الموعد اللازم لتسليم المشروع ، أما إذا زاد وقت أي نشاط غير حرج أو تغير تاريخ البدء فيه فإن ذلك لا يؤثر إلى حدما على موعد تسليم المشروع . ونستنتج من ذلك أن هناك بعض التجاوزات في بدء بعض الأنشطة يطلق عليها المرونة الوقتية للنشاط . ويمكن تعريف أربعة أنواع للمرونة الوقتية وهي : المرونة الوقتية الكلية ، والمرونة الوقتية الحرة ، والمرونة الوقتية المتداخلة والمرونة الوقتية غير الاعتيادية . وسيتم حساب المرونة الوقتية بطريقتي حساب الوقت الأول والأخير للنشاط وباستخدام وقتي الحدث .

٣ - ٥ - ٣ - ١ حساب المرونة الوقتية باستخدام الوقت الأول والأخير للنشاط

(أ) المرونة الوقتية الكلية :

تعرف المرونة الوقتية الكلية على أنها المدى الزمني الذي يتم أثناءه الانتهاء من النشاط بشرط عدم التأخير في موعد تسليم المشروع . ويمكن تحديدها من حسابات الوقت الأول والأخير للنشاط حيث أنها عبارة عن حاصل طرح الوقت الأخير للانتهاء من الوقت الأول لانتهاء النشاط أي :

م ك (المرونة الوقتية الكلية) = و ر ن ـ و ل ن

(ب) المرونة الوقتية الحرة :

تعرف المرونة الوقتية الحرة على أنها المدى الزمني الذي يتم أثناءه الانتهاء من النشاط بشرط عدم التأخير في موعد تسليم المشروع أو البدء في أي نشاط تالي . وتكون الحدود الزمنية للمرونة

الوقتية الحرة هي حاصل طرح الوقت الأول لبدء الأنشطة التالية للنشاط تحت الدراسة من الوقت الأول لانتهاء النشاط نفسه :

$$\text{م ح (المرونة الوقتية الحرة)} = \text{و ل ب}_{\text{ص}} - \text{و ل ن}$$

حيث أن و ل ب$_{\text{ص}}$ تمثل الوقت الأول لبدء الأنشطة التالية للنشاط ويرمز لها بالرمز ص .

وتمثل المرونة الوقتية الحرة المدى الذي يمكن بواسطته البدء في جميع أنشطة المشروع في الوقت الأول لها. ولا تتعدى قيمة المرونة الحرة المرونة الوقتية الكلية ، ولكن يمكن أن تساويها إذا كانت قيمة و ل ب$_{\text{ص}}$ تعادل قيمة و ر ن للنشاط تحت الدراسة . ويتحقق هذا الشرط عندما يلي النشاط تحت الدراسة نشاطاً حرجاً .

(ج) المرونة الوقتية المتداخلة :

المرونة الوقتية المتداخلة هي حاصل طرح المرونة الوقتية الحرة من المرونة الوقتية الكلية . وتعرف على أنها المدى الزمني الذي يتم أثناءه الانتهاء من النشاط بشرط عدم التأخير في موعد تسليم المشروع ، مع أنها قد تؤدي إلى عدم إمكانية بدء بعض الأنشطة التي تلي هذا النشاط في الوقت الأول لها .

$$\text{م م (المرونة الوقتية المتداخلة)} = \text{م ك} - \text{م ح}$$

$$\text{م م} = (\text{و ر ن} - \text{و ل ن}) - (\text{و ل ب}_{\text{ص}} - \text{و ل ن})$$

$$= \text{و ر ن} - \text{و ل ب}_{\text{ص}}$$

يلاحظ أنه اذا استنفذت المرونة الوقتية الحرة للنشاط فإن ذلك لن يؤثر على تأخير بدء الأنشطة التالية للنشاط تحت الدراسة . أما اذا استنفذنا وقتاً آخر بالإضافة إلى الوقت المسموح به من المرونة الوقتية الحرة وهذا الوقت أقل من أو يساوي المرونة الوقتية الكلية فسيتأخر نتيجة لذلك البدء في الوقت الأول لبعض الأنشطة التي تلي النشاط تحت الدراسة .

(د) المرونة الوقتية غير الاعتيادية :

تعرف المرونة الوقتية غير الاعتيادية على أنها المدى الزمني الذي يتم أثناءه الانتهاء من إنجاز النشاط بحيث لا يتأخر موعد تسليم المشروع ولا يتأخر البدء لأي نشاط آخر يلي هذا النشاط ولا يتأخر النشاط تحت الدراسة من أي نشاط سابق له .

ومن التعريف السابق نجد أنه لكي يكون لأي نشاط مرونة وقتية غير اعتيادية ، يجب أن يبدأ أي نشاط يلي النشاط تحت الدراسة في الوقت الأول له وأن ينتهي أي نشاط يسبق النشاط تحت الدراسة في الوقت الأخير له . ونجد أيضاً من هذه العلاقة أن أنشطة كثيرة لا يتوفر لها مرونة وقتية غير اعتيادية وقد نجد قيمتها سالبة ولكن نساويها في هذه الحالة بالصفر . وإذا أردنا التعبير عن المرونة الوقتية الغير اعتيادية فإننا نجد أنها تمس الوقت الأخير للانتهاء للأنشطة السابقة والوقت الأول للبدء للأنشطة التالية للنشاط تحت الدراسة ويعبر عنها رياضياً كالتالى :

$$\text{م غ (المرونة الوقتية غير الاعتيادية)} = \text{و ل}_{\text{ب ص}} - \text{و ر}_{\text{ن س}} - \text{ت}$$

حيث أن :

و ل ب ص   الوقت الأول لبدء الأنشطة التي تلي النشاط تحت الدراسة

و ر ن س   الوقت الأخير لانتهاء الأنشطة التي تسبق النشاط تحت الدراسة

ت   وقت النشاط

يلاحظ أن المرونة الوقتية غير الاعتيادية لا تتجاوز بأي حال من الأحوال المرونة الوقتية الحرة . وعلى ذلك عندما تكون المرونة الوقتية الحرة مساوية للصفر فإننا لا نحسب المرونة الوقتية غير الاعتيادية ونضعها صفراً .

ويبين جدول (٣-١٢) مقادير المرونة الوقتية لأنشطة المشروع تحت الدراسة ، ونوضح فيما يلي كيفية حساب المرونة الوقتية لبعض أنشطة المشروع .

المرونة الوقتية للنشاط (١-٤)

م ك (١-٤) = و ر ن (١-٤) - و ل ن (١-٤)

= ١٠-٨

= ٢ يوم

جدول (٣ - ١٢) حسابات المرونة الوقتية

النشاط: حدث البدء	النشاط: حدث النهاية	وقت النشاط ت (يوم)	الوقت الأول: و ل ب	الوقت الأول: و ل ن	الوقت الأخير: و ر ب	الوقت الأخير: و ر ن	م ك	المرونة الوقتية: و ح	المرونة الوقتية: م م	م غ	ملاحظات
١	٢	٥	صفر	٥	٢	٧	٢	صفر	٢	صفر	—
١	٣	٦	صفر	٦	صفر	٦	صفر				نشاط حرج
١	٤	٨	صفر	٨	٢	١٠	٢	صفر	٢	صفر	—
٢	٥	٣	٥	٨	٧	١٠	٢	٢	صفر	صفر	—
٣	٥	٤	٦	١٠	٦	١٠	صفر				نشاط حرج
٣	٦	٤	٦	١٠	٦	١٠	صفر				نشاط حرج
٤	٦	صفر	٨	٨	١٠	١٠	٢	٢	صفر	صفر	—
٤	٧	٩	٨	١٧	١٠	١٩	٢	صفر	٢	صفر	—
٥	٦	صفر	١٠	١٠	١٠	١٠	صفر				نشاط حرج
٥	١٠	٧	١٠	١٧	٥٠	٥٧	٤٠	صفر	٤٠	صفر	—
٥	١١	٨	١٠	١٨	٣٢	٤٠	٢٢	صفر	٢٢	صفر	—
٦	٨	٩	١٠	١٩	١٠	١٩	صفر				نشاط حرج
٧	٩	١٢	١٧	٢٩	١٩	٣١	٢	٢	صفر	صفر	—
٨	٩	١٢	١٩	٣١	١٩	٣١	صفر				نشاط حرج
٩	١٣	٧	٣١	٣٨	٣١	٣٨	صفر				نشاط حرج
١٠	١٧	٣	١٧	٢٠	٥٧	٦٠	٤٠	٤٠	صفر	صفر	—
١١	١٢	١٠	١٨	٢٨	٤٠	٥٠	٢٢	صفر	٢٢	صفر	—
١٢	١٤	٢	٢٨	٣٠	٥٠	٥٢	٢٢	٨	١٤	صفر	—
١٣	١٤	صفر	٣٨	٣٨	٥٢	٥٢	١٤	صفر	١٤	صفر	—
١٣	١٦	٨	٣٨	٤٦	٣٨	٤٦	صفر				نشاط حرج
١٤	١٥	٣	٣٨	٤١	٥٢	٥٥	١٤	صفر	١٤	صفر	—
١٥	١٧	٥	٤١	٤٦	٥٥	٦٠	١٤	١٤	صفر	صفر	—
١٦	١٧	١٤	٤٦	٦٠	٤٦	٦٠	صفر				نشاط حرج

م ح (١-٤) = و ل ب (٤-٦) - و ل ن (١-٤)

أو (٤-٧)

= ٨ - ٨ = صفر

م م (١-٤) = م ك (١-٤) - م ح (١-٤)

= ٢ - صفر = ٢

م غ (١-٤) = صفر ، طالما أن م ح (١-٤) = صفر

ويمكن حسابها للتأكد من ذلك

م غ (١-٤) = و ل ب (٤-٦) - و ر ن (بداية ـ ١) - ت (١-٤)

أو (٤-٧)

= ٨ - صفر ـ ٨ = صفر

المرونة الوقتية للنشاط (٢ - ٥)

م ك (٢-٥) = و ر ن (٢-٥) - و ل ن (٢-٥)

= ١٠ - ٨ = ٢ يوم

م ح (٢-٥) = و ل ب (٥-٦) - و ل ن (٢-٥)

أو (٥-١٠)

أو (٥-١١)

= ١٠ - ٨ = ٢ يوم

م م (٢-٥) = و ر ن (٢-٥) - و ل ب (٥-٦)

أو (٥-١٠)

أو (٥-١١)

= ١٠ - ١٠ = صفر

ويلاحظ أن م م قد حسبت بطريقة أخرى للتأكد .

م غ (٢-٥) = و ل ب (٥-٦) - و ر ن (١-٢) - ت (٢-٥)

أو (٥-١٠)

أو (٥-١١)

= ١٠ - ٧ ـ ٣ = صفر

المرونة الوقتية للنشاط (١٢ - ١٤)

م ك (١٢-١٤) = و ر ن (١٢-١٤) - و ل ن (١٢-١٤)

= ٥٢ ـ ٣٠ = ٢٢ يوم

م ح (١٢-١٤) = و ل ب (١٤-١٥) - و ل ن (١٢-١٤)

= ٣٨ ـ ٣٠ = ٨ يوم

م م (١٢-١٤) = م ك (١٢-١٤) - م ح (١٢-١٤)

= ٢٢ ـ ٨ = ١٤ يوم

م غ(١٢-١٤) = و ل ب(١٤-١٥) - و ر ن(١١-١٢) - ت(١٤-١٥)

= ٣٨ - ٥٠ - ٢

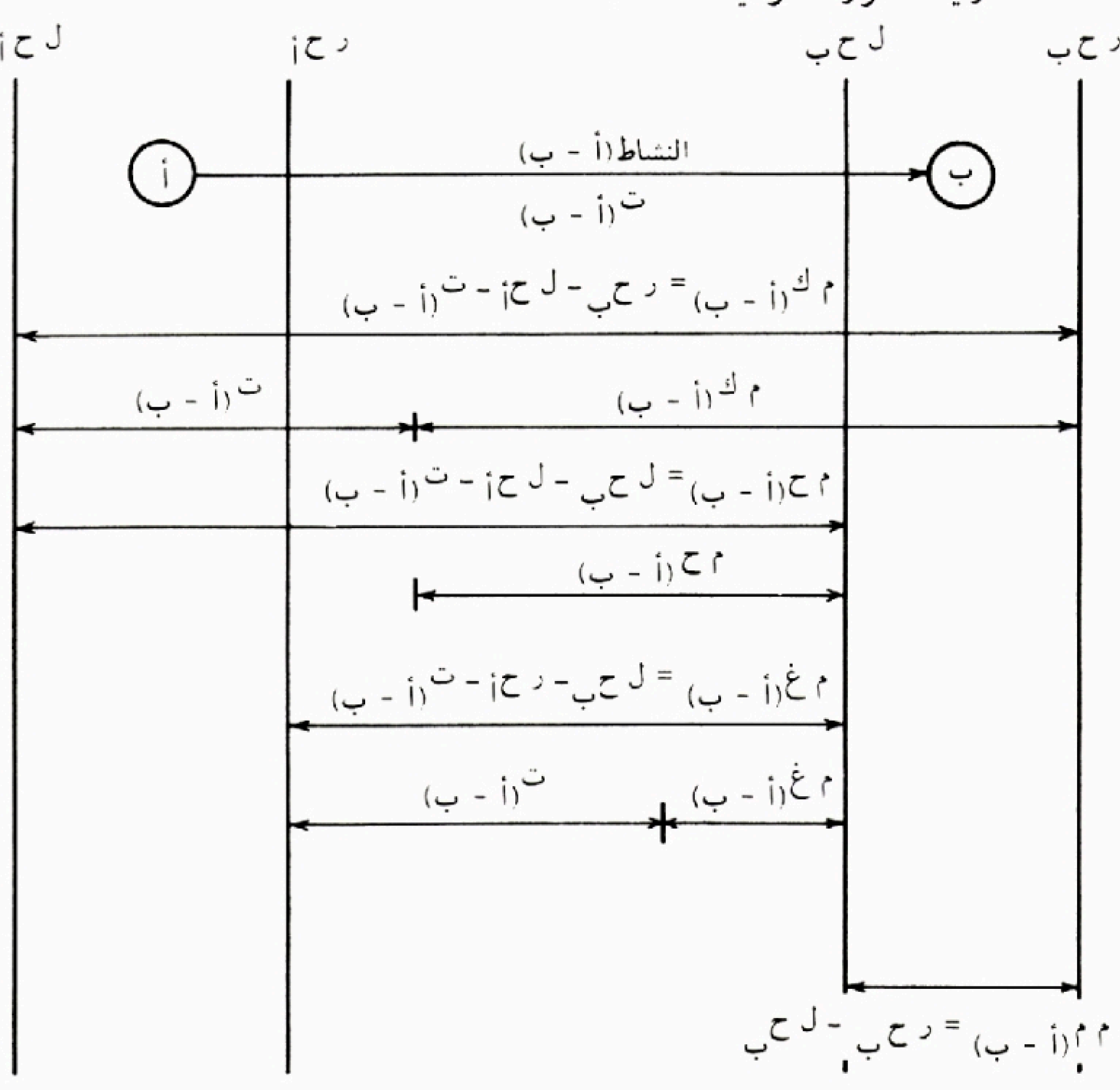
= - ١٤ أي صفر يوم

يلاحظ أنه عند حساب م ك(أ ـ ب) نأخذ الأوقات من أوقات النشاط نفسه أي النشاط (أ ـ ب) أمام م ح(أ ـ ب) فإنه ينبغي البحث عن الأنشطة التي تخرج من الحدث (ب) أي تكون بدايتها (ب) وفي حالة م غ(أ ـ ب) فإنه بالإضافة إلى الأنشطة التي تخرج من الحدث (ب) نقوم بمعرفة الأنشطة التي تنتهي ، أي تصل إلى الحدث (أ) .

٣ - ٥ - ٣ - ٢ حساب المرونة الوقتية من وقتي الحدث

تجرى الحسابات بهذه الطريقة على الشبكة ، وينبغي الإشارة إلى أن كل حسابات الشبكة السهمية تتم على الشبكة من حسابات المسار الحرج حتى حسابات المرونة الوقتية .

ويبين الشكل رقم (٣ - ٨) وقتي حدث البداية للنشاط (أ ـ ب) ووقتي حدث النهاية للنشاط نفسه وقيمة المرونة الوقتية للنشاط .



شكل (٣ - ٨) المرونة الوقتية للمشروع

ويمكن بهذه الطريقة حساب المرونة الوقتية لأي نشاط وسنبين كيفية ذلك على المشروع تحت الدراسة . وهنا سنستفيد من البيانات الموضحة بجدول (٣ - ١١) ومن قائمة الأنشطة .

المرونة الوقتية للنشاط (١ - ٤)

م ك (١-٤) = ر ح ٤ - ل ح ١ - ت (١-٤)
= ١٠ - صفر - ٨ = ٢ يوم

م ح (١-٤) = ل ح ٤ - ل ح ١ - ت (١-٤)
= ٨ - صفر - ٨ = صفر يوم

م م (١-٤) = ر ح ٤ - ل ح ٤
= ١٠ - ٨ = ٢ يوم

م غ (١-٤) = ل ح ٤ - ر ح ١ - ت (١-٤)
= ٨ - صفر - ٨ = صفر يوم

المرونة الوقتية للنشاط (٢ - ٥)

م ك (٢-٥) = ر ح ٥ - ل ح ٢ - ت (٢-٥)
= ١٠ - ٥ - ٣ = ٢ يوم

م ح (٢-٥) = ل ح ٥ - ل ح ٢ - ت (٢-٥)
= ١٠ - ٥ - ٣ = ٢ يوم

م م (٢-٥) = ر ح ٥ - ل ح ٥
= ١٠ - ١٠ = صفر يوم

م غ (٢-٥) = ل ح ٥ - ر ح ٢ - ت (٢-٥)
= ١٠ - ٧ - ٣ = صفر يوم

المرونة الوقتية للنشاط (١٢ - ١٤)

م ك (١٢-١٤) = ر ح ١٤ - ل ح ١٢ - ت (١٢-١٤)
= ٥٢ - ٢٨ - ٢ =٢٢ يوم

م ح (١٢-١٤) = ل ح ١٤ - ل ح ١٢ - ت (١٢-١٤)
= ٣٨ - ٢٨ - ٢ = ٨ يوم

م م (١٢-١٤) = ر ح ١٤ - ل ح ١٤
= ٥٢ - ٣٨ = ١٤ يوم

م غ (١٢-١٤) = ل ح ١٤ - ر ح ١٢ - ت (١٢-١٤)
= ٣٨ - ٥٠ - ٢ = قيمة سالبة أي صفر

٣ - ٥ - ٣ - ٣ المرونة الوقتية لسلسلة النشاط

يتكون المشروع من مجموعة من الأنشطة لها علاقات تبادلية ، وبالنظر إلى هذه الأنشطة نجد أنها تكون مجموعات متتابعة . فإذا بدأنا بحدث بداية المشروع وحددنا طريقاً مستمراً على مجموعة أنشطة متتابعة حتى حدث نهاية المشروع ، سمي ذلك مساراً ومنه حددنا ـ سابقاً ـ المسار الحرج وهو المسار الذي يحتاج لأكبر وقت . كما يمكن كذلك تكوين سلسلة من الأنشطة إما أن تكون بسيطة أو مركبة . وتتكون سلسلة الأنشطة من نشاطين أو أكثر على التوالي مبتدئة من حدث بداية النشاط الأول إلى حدث نهاية النشاط الأخير لهذه السلسلة . وقد عرف « تميرمان وشيفر» في إحدى مقالاتها العلمية سلسلة النشاط البسيطة على أنها متوالية من الأنشطة بحيث أن المرونة الوقتية الكلية لهذه الأنشطة تكون متساوية وأن حدثي البداية والنهاية لهذه السلسلة تقع على المسار الحرج .

ونستنتج من ذلك أنه يمكن تكوين مجموعة من السلسلات البسيطة للمشروع تحت الدراسة فمثلاً السلسلة ١-٢-٥ ، ١-٤-٧-٩ ، ٥-١٠-١٧ ، ١٣-١٤-١٥-١٧ هي عبارة عن سلسلات بسيطة . كما يلاحظ من التعريف أيضاً أن المرونة الوقتية الكلية للسلسلة البسيطة تكون متساوية ، وتكون المرونة الحرة لأنشطة السلسلة كلها مساوية للصفر ، ماعدا النشاط الأخير من السلسلة فيساوي المرونة الوقتية الكلية . ويتوقع أن تعادل المرونة الوقتية المتداخلة لأنشطة السلسلة المرونة الوقتية الكلية ماعدا النشاط الأخير فيكون صفراً . ويلاحظ أن تأخير انتهاء أي نشاط من هذه السلسلة ، ماعدا النشاط الأخير ، سيؤدي إلى تأخير جميع الأنشطة التالية ويستنفذ من المرونة الوقتية الحرة للنشاط الأخير .

يستنتج من ذلك أن المرونة الوقتية الكلية تتبع السلسلة البسيطة نفسها ، أما المرونة الوقتية الحرة فتتبع النشاط الأخير وأن أنشطة السلسلة كلها ماعدا الأخير لها مرونة وقتية متداخلة تعادل المرونة الوقتية الحرة للنشاط الأخير .

٣ - ٦ حسابات الشبكة التتابعية

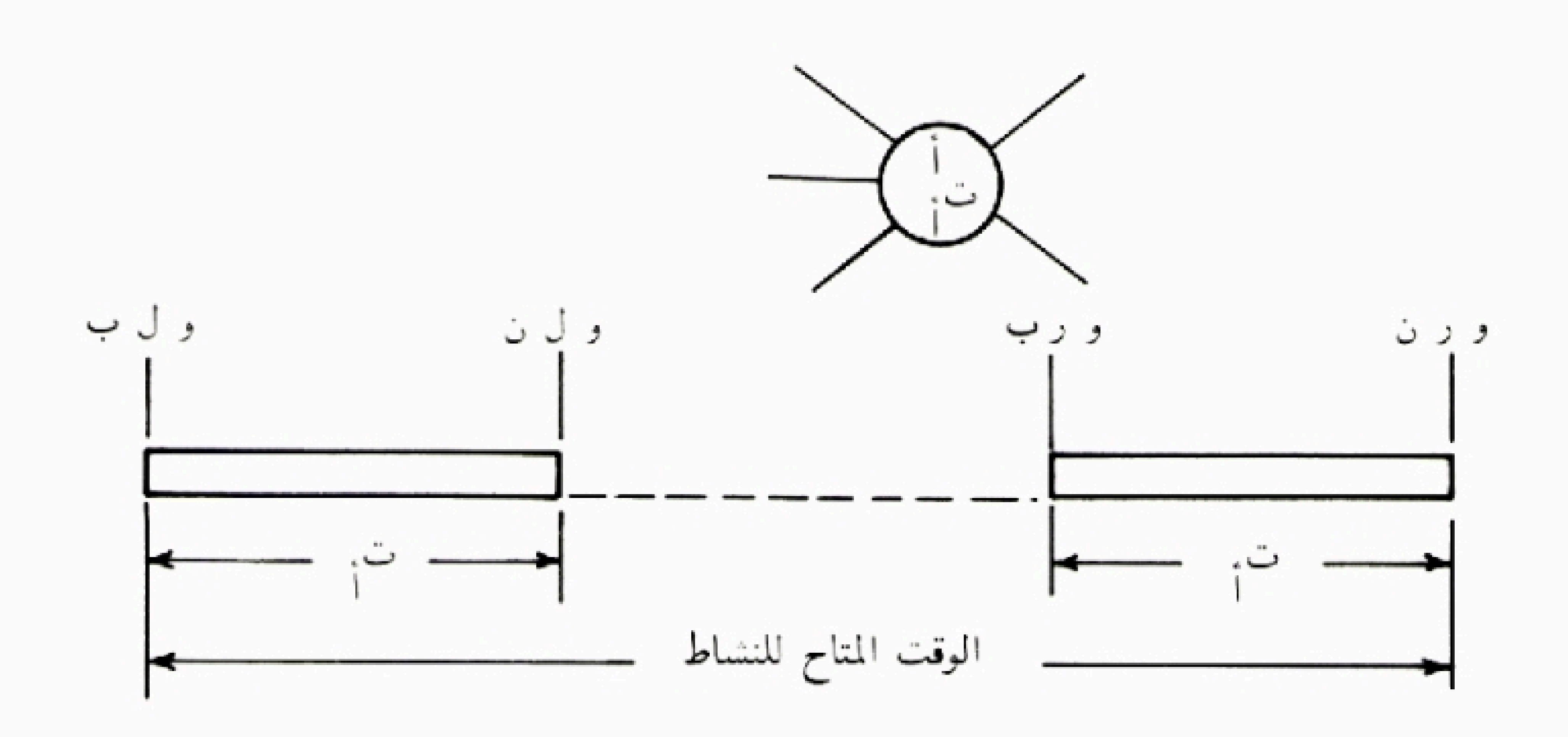
وتهدف حسابات الشبكة التتابعية إلى تحقيق ما يرغب المخطط في الحصول عليه تماماً مثل حسابات الشبكة السهمية . وتحدد قيم الوقت الأول للبدء والانتهاء والمرونة الوقتية لكل نشاط ومن ثم حساب الوقت الأخير للأنشطة . وتوجد طريقتان لحساب ذلك ، الأولى باستخدام البيانات الواردة من المشروع وتحسب مباشرة على الجدول الموضح فيه أنشطة المشروع ووقت النشاط واعتمادية الأنشطة بعضها على بعض . أما الطريقة الثانية فتتم الحسابات على الشبكة التتابعية مباشرة . وتعتبر الطريقة الأولى نواة الحسابات باستخدام الحاسب الآلي ، أما الطريقة الثانية فتستخدم غالباً في المشروعات ذات الحجم المعقول والتي يقوم المخطط بالحسابات والتعديل فيها على الشبكة مباشرة .

٣ - ٦ - ١ الأوقات الأربعة للنشاط

تستخدم هنا نفس الأوقات كما في حالة حسابات الشبكة السهمية ، أي أن النشاط له أربعة أوقات كالتالي :

الوقت الأول للبدء	(و ل ب)
الوقت الأول للانتهاء	(و ل ن)
الوقت الأخير للبدء	(و ر ب)
الوقت الأخير للانتهاء	(و ر ن)

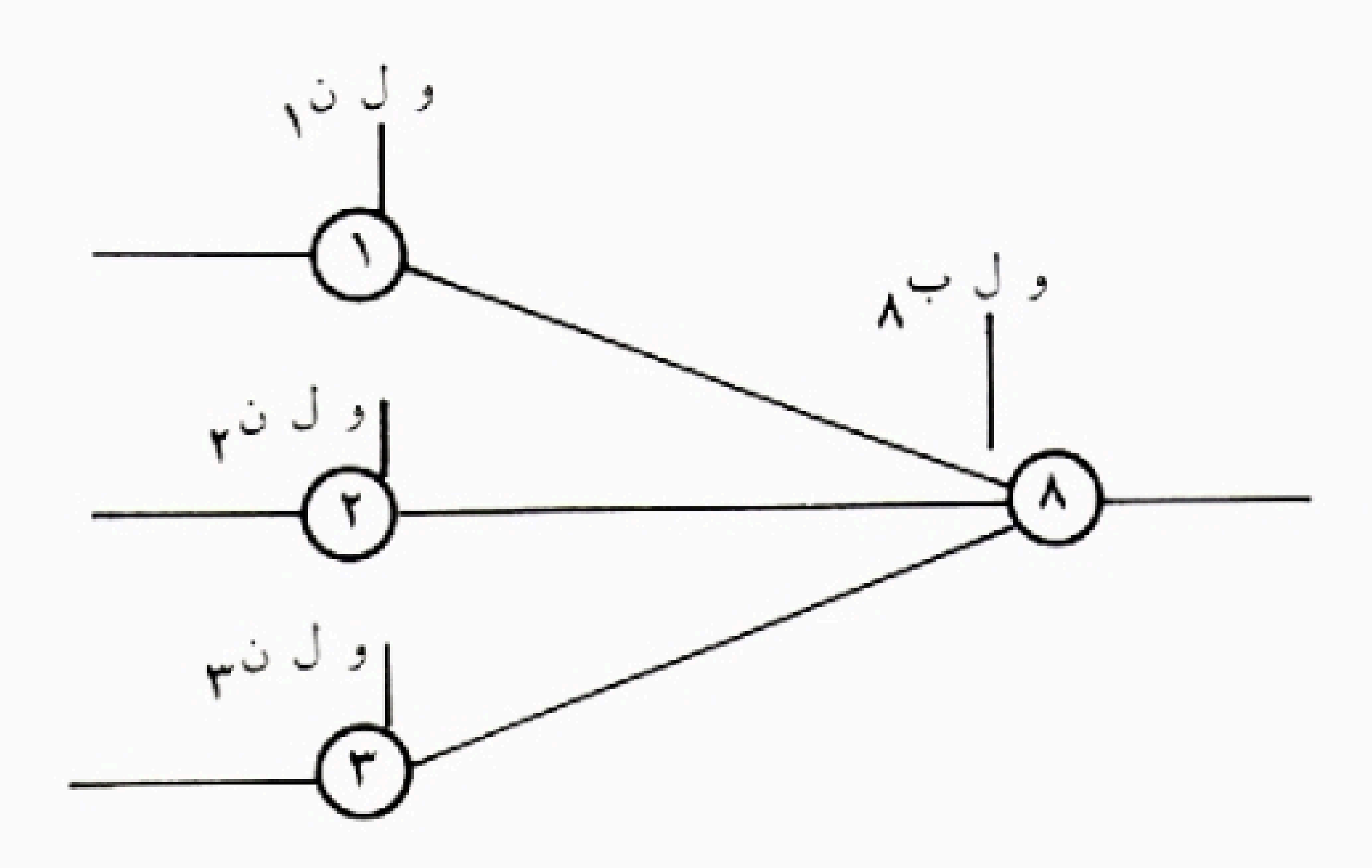
وتهتم الحسابات في الشبكة التتابعية بالوقت الأول فقط ، أما الوقت الأخير فله أهمية ثانوية . ويكون الوقت الأول للبدء (و ل ب) لأي نشاط هو النقطة الزمنية التي يمكن عندها البدء المبكر لانجاز النشاط . وتعتمد هذه النقطة أساساً على وقت انتهاء النشاط السابق للنشاط تحت الدراسة . أما اذا كان النشاط تحت الدراسة هو النشاط الأول فتعتمد في هذه الحالة على الوقت المتفق عليه لبدء المشروع . ويعادل الوقت الأول لنهاية النشاط الوقت الأول للبدء فيه مضافاً اليه وقت النشاط . أما الوقت الأخير لإنتهاء النشاط فهو النقطة الزمنية الأخيرة التي يمكن للنشاط أن ينتهي عندها بدون أن يؤخر ذلك موعد تسليم المشروع .



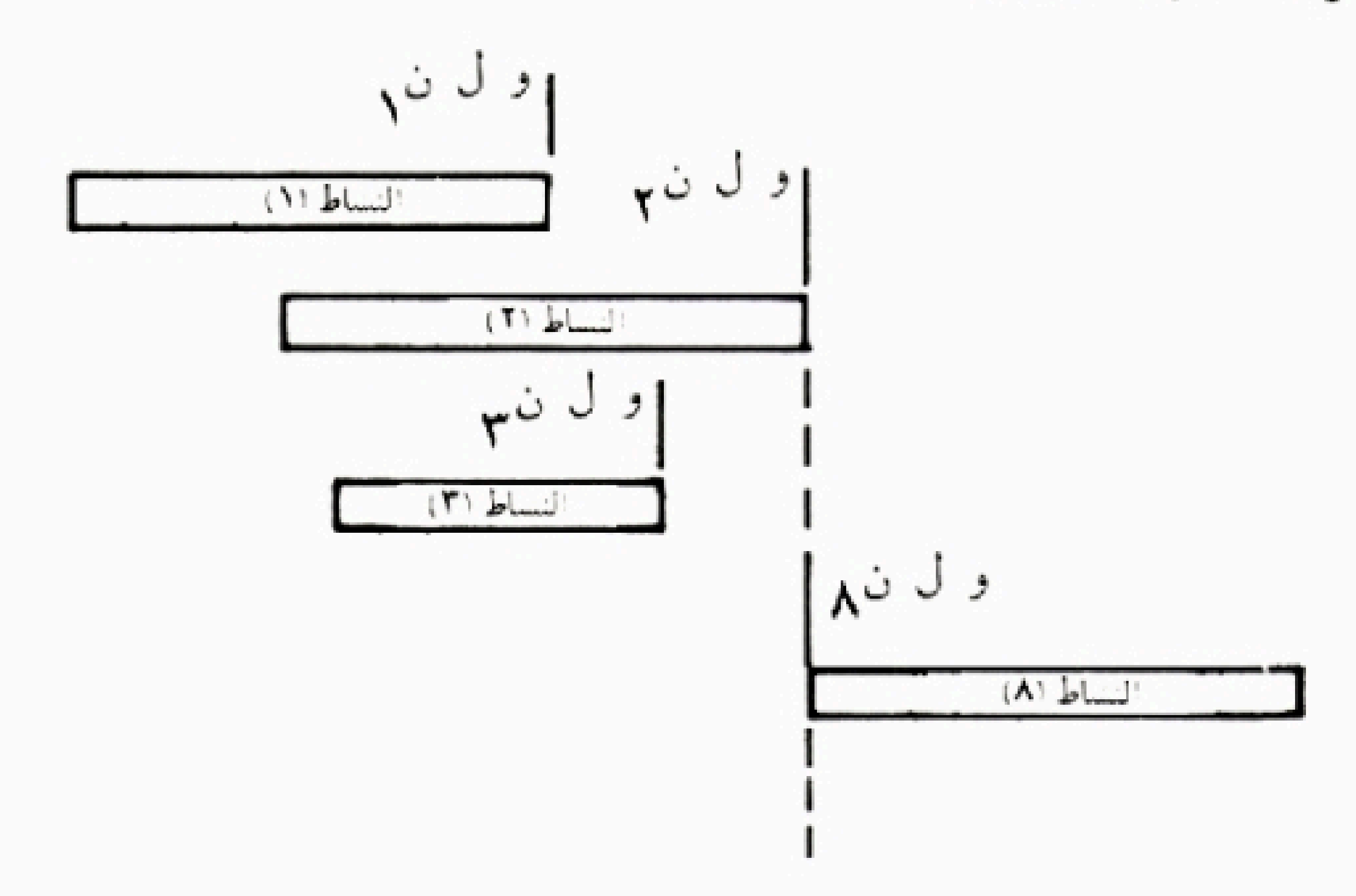
شكل (٣ - ٩) الأوقات الأربعة للنشاط ـ الشبكة التتابعية

ويمثل شكل (٣ - ٩) الأوقات الأربعة للنشاط وفيه يرمز برقم النشاط داخل الدائـرة ، وأسفله داخل دائرة النشاط أيضاً وقت النشاط ويرمز له بالرمز ت أ . ويعادل الوقت المتاح للنشاط حاصل طرح الوقت الأول للبدء من الوقت الأخير للانتهاء منه . ويطلق على جدولة المشروع بالجدولة المبكرة له ، إذا تمت الأنشطة كلها في الوقت الأول لها . أما إذا تمت في الوقت الأخير لها فتسمى الجدولة المتأخرة للمشروع . ويكون الوقت الأول لبدء النشاط الأول مساوياً للصفر مع افتراض أن بدء المشروع هو الصفر ، أما اذا كان المشروع تحت الدراسة جزءاً من مشروع

ضخم ، فيكون الوقت الأول لبدء النشاط الأول يعـادل القيمـة التـي وردت من المشروع الأصلي . ويعني ذلك بأن الوقت الأول للانتهاء من هذا النشاط سيعادل الوقت الـوارد من المشروع الأصلي مضافاً اليه وقت النشاط . ويتوقف الوقت الأول لبدء أي نشاط على الوقت الأول لانتهاء النشاط (أو الأنشطة التي تسبق النشاط تحت الدراسة ومعتمدة عليه) . ويبين شكل (٣ - ١٠) الجزء الأول من الشبكة التتابعية لأربعة أنشطة هي ١ ، ٢ ، ٣ ، ٨ ، حيث يعتمد بدء النشاط رقم (٨) على انتهاء الأنشطة ١ ، ٢ ، ٣ ، ويعني ذلك بأن الوقت الأول لبدء النشاط رقم (٨) يعادل القيمة القصوى من بين الوقت الأول لانتهاء الأنشطة رقم ١ ، ٢ ، ٣ أي يعادل و ل ن٢ .

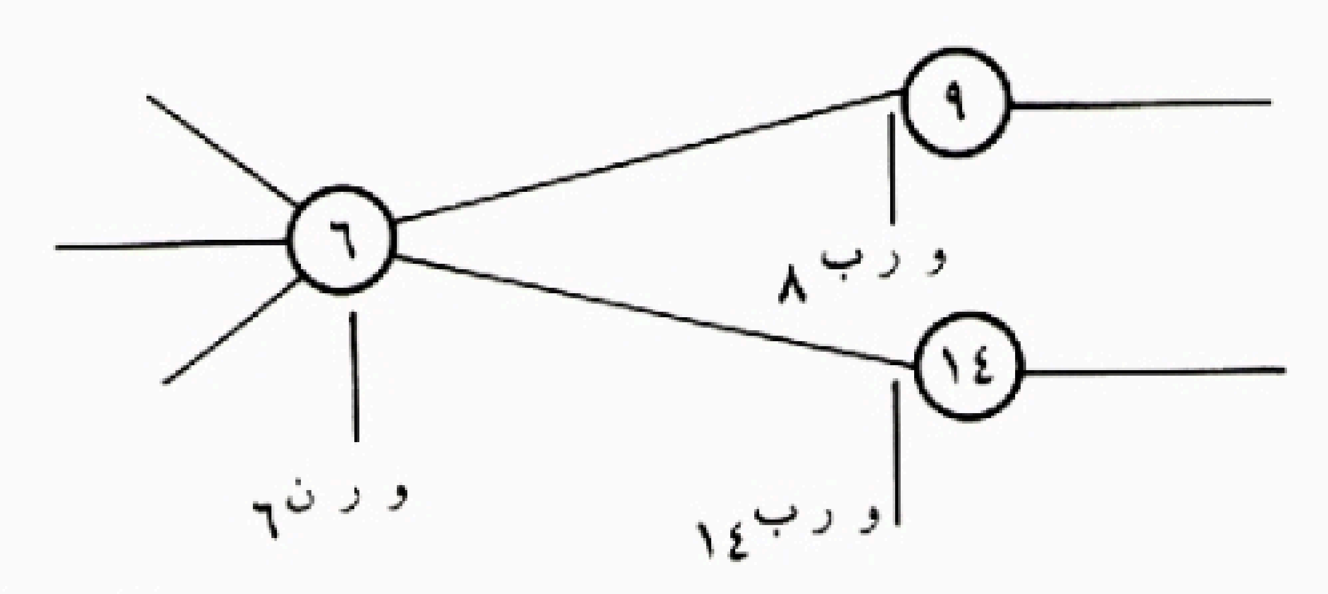


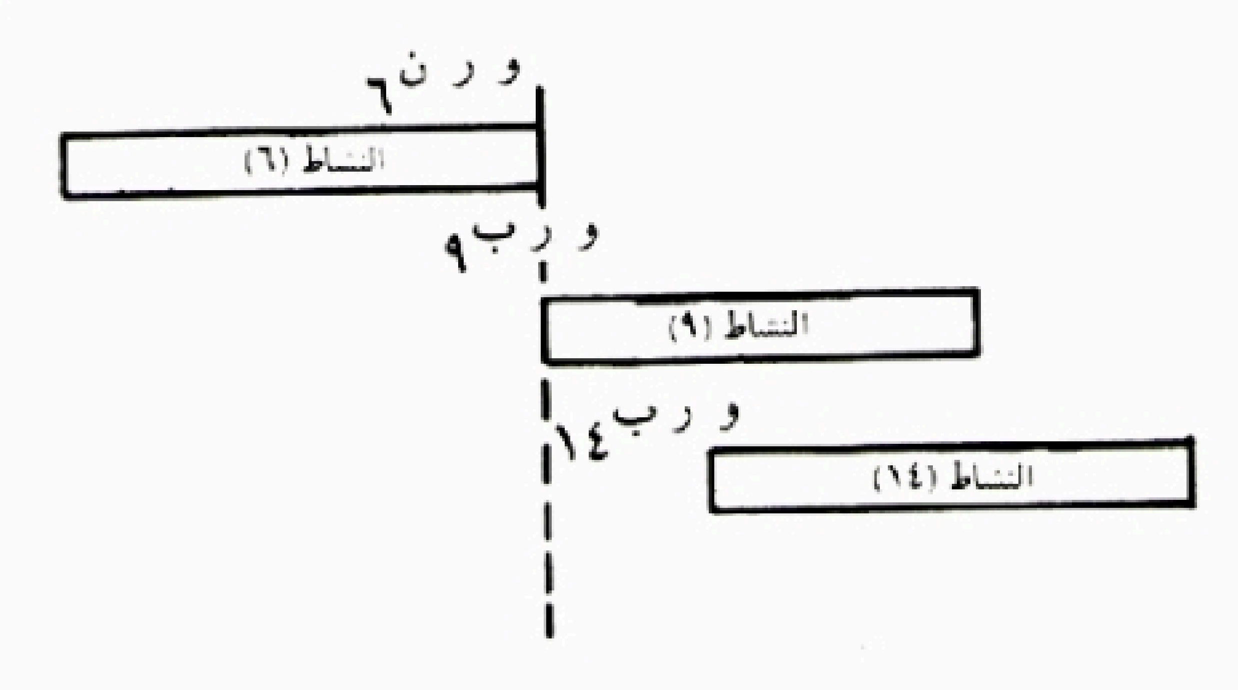
الوقت الأول للنشاط



يبيّن شكل (٣ - ١٠) جزء من الشبكة التتابعية وكيفية حساب الوقت الأول والأخير للأنشطة تحت الدراسة .

أما الوقت الأخير لانتهاء أي نشاط فيعتمد على الوقت الأخير لبدء الأنشطة التي تلي هذا النشاط . ويبين الجزء الثاني من شكل (٣ - ١٠) علاقات الوقت الأخير للنشاط . فالوقت





شكل (٣ - ١٠) الوقت الأول والأخير للنشاط

الأخير للانتهاء من النشاط رقم (٦) يعادل القيمة الدنيا للوقت الأخير لبدء الأنشطة التي تلي النشاط رقم (٦) أي النشاطان ٩ ، ١٤ ، أي تعادل و ر ب٩ . ويمكن التعبير رياضياً عن الأربعة أوقات للنشاط كالتالي :

و ل ب ص = القيمة القصوى من بين و ل ن س

و ل ن ص = و ل ب ص + ت ص

يمثل الرمز ص ، رقم النشاط تحت الدراسة ، والرمز س مجموعة الأنشطة السابقة للنشاط ص ، والتي يعتمد بدء النشاط ص على انتهائها .

ويلاحظ أن الوقت الأول لتسليم المشروع غالباً ما يساوي الوقت الأخير لتسليم المشروع ، أما إذا كانت هناك أجزاءاً أخرى من المشروع الأصلي تعتمد على تسليم المشروع تحت الدراسة فيكون الوقت الأخير لتسليم المشروع هو القيمة المعطاة من قبل إدارة المشروع . ويكون الوقت الأخير لبدء النشاط الأخير في الشبكة هو حاصل طرح وقت النشاط من الوقت الأخير لتسليم المشروع . وتحسب بقية الأنشطة كما هو واضح في الشكل (٣ - ١٠) وتكون العلاقات الرياضية كالتالي :

و ر ن النهاية = محددة من قبل الإدارة

و ر ن ن = و ر ن النهاية

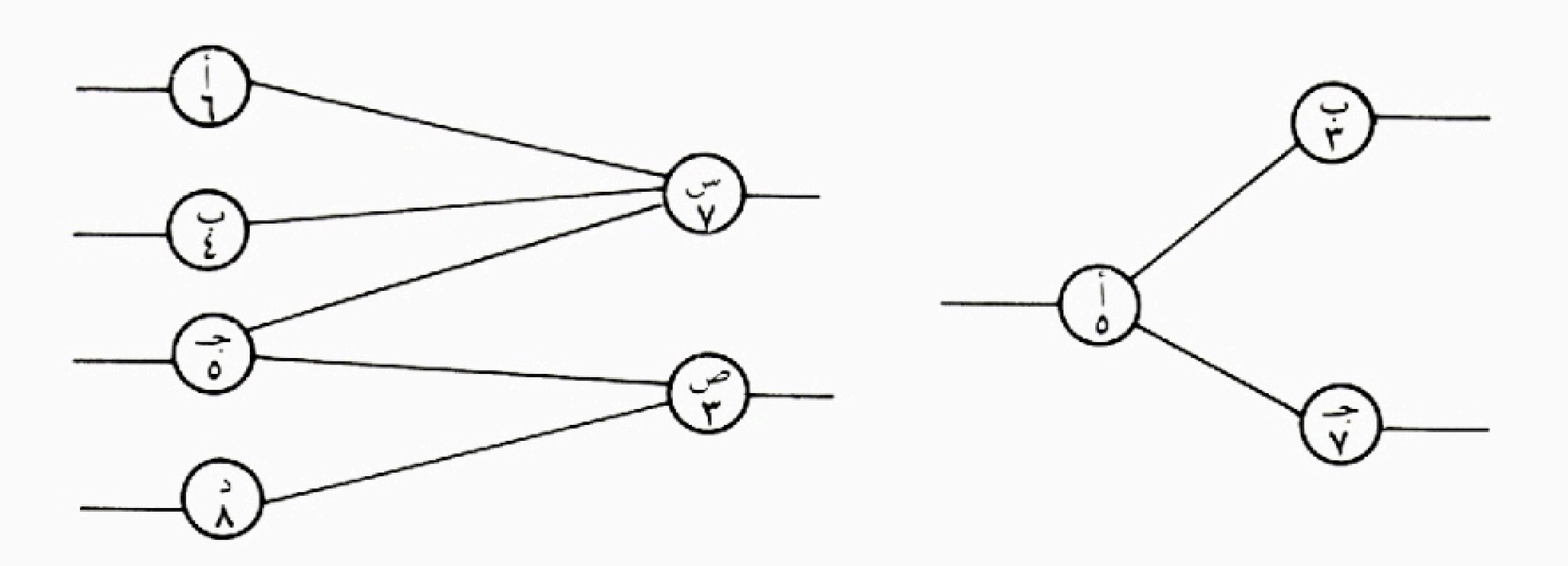
و ر ب ن = و ر ن ن - ت ن

و ر ن ص = القيمة الدنيا من بين و ر ب ع

و ر ب ص = و ر ن ص - ت ص

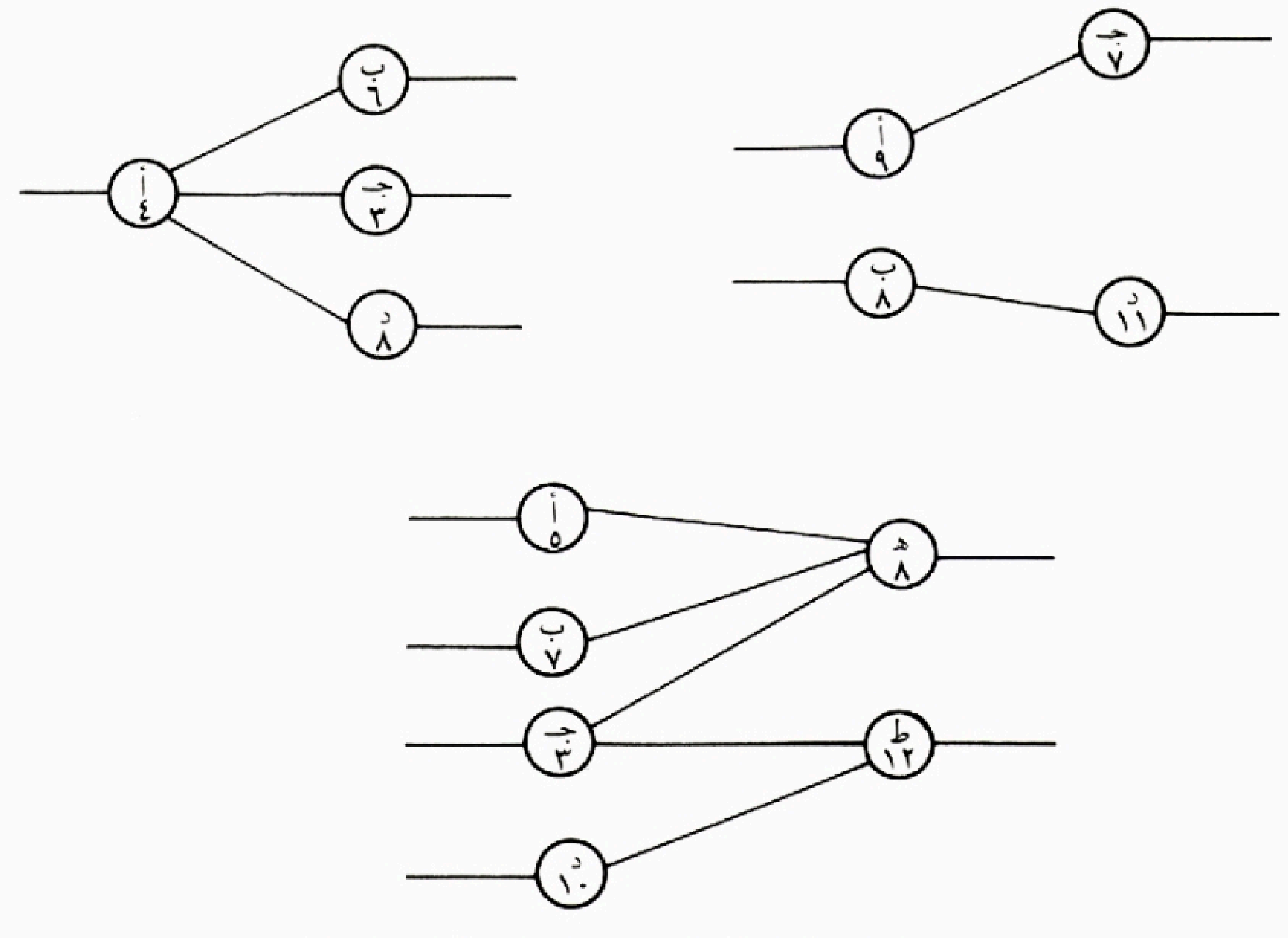
تمثل الرموز السابقة ما يلي : -

النهاية	نهاية المشروع
ن	النشاط الأخير
ص	النشاط المراد حساب الوقت الأخير له
ع	مجموعة الأنشطة التي يعتمد بدئها على النشاط ص



شكل (٣ - ١١) حساب الوقت الأول للنشاط

ويمثل شكل (٣ - ١١) مجموعة من الأمثلة عن كيفية حساب الوقت الأول للنشاط . كما يبين شكل (٣ - ١٢) مجموعة أخرى من الأمثلة عن كيفية حساب الوقت الأخير للنشاط .



شكل (٣ - ١٢) حساب الوقت الأخير للنشاط

تكوّن الثلاثة أنشطة أ ، ب ، ج جزء من شبكة تتابعية (شكل ٣ - ١١ - أ) ويفترض أن :

و ل بأ	=	١٢ يوماً فتكون
و ل نأ	=	و ل بأ + تأ
	=	١٢ + ٥ = ١٧ يوم
و ل بب	=	القيمة القصوى من بين و ل نأ
	=	١٧ يوم
وأيضاً و ل بج	=	١٧ يوم
وتكون و ل نب	=	و ل بب + تب
	=	١٧ + ٣ = ٢٠ يوم
وكذلك و ل نج	=	١٧ + ٧ = ٢٤ يوم

وفي الشكل (٣ - ١١ - ب) يتكون جزء من مشروع من ستة أنشطة .

نفترض أن و ل ب للأربعة أنشطة أ ، ب ، ج ، د ، هو ١٢ ، ١٥ ، ٧ ، ٩ يوماً وتكون حسابات الوقت الأول للستة أنشطة كما يلي :

و ل ن	=	و ل ب + ت
و ل نأ	=	١٢ + ٦ = ١٨ يوم
و ل نب	=	١٥ + ٤ = ١٩ يوم
و ل نج	=	٧ + ٥ = ١٢ يوم
و ل ند	=	٩ + ٨ = ١٧ يوم
و ل بس	=	القيمة القصوى من بين و ل نأ ، و ل نب ، و ل نج
	=	و ل نب = ١٩ يوم
و ل نس	=	و ل بس + تس
	=	١٩ + ٧ = ٢٦ يوم
و ل بص	=	القيمة القصوى من بين و ل نج ، و ل ند
	=	و ل ند = ١٧ يوم
و ل نص	=	و ل بص + تص
	=	١٧ + ٣ = ٢٠ يوم

ويمثل شكل (٣ - ١٢ - أ) أربعة أنشطة كل اثنين منها مرتبطين معاً ، ويكون الوقت الأخير للأربعة أنشطة كما يلي :

و ر ن$_{ج}$ = ٢٢ يوم } هذه القيم يفترض الحصول عليها من مرحلة

و ر ن$_{د}$ = ٣٦ يوم } سابقة أثناء الحسابات .

و ر ب$_{ج}$ = و ر ن$_{ج}$ - ت$_{ج}$

= ٢٢ ـ ٧ = ١٥ يوم

و ر ن$_{أ}$ = القيمة الدنيا (و ر ب$_{ج}$)

∴ و ر ن$_{أ}$ = ١٥ يوم

و ر ب$_{أ}$ = و ر ن$_{أ}$ - ت$_{أ}$

= ١٥ ـ ٩ = ٦ يوم

و ر ب$_{د}$ = و ر ن$_{د}$ - ت$_{د}$

= ٣٦ ـ ١١ = ٢٥ يوم

و ر ن$_{ب}$ = القيمة الدنيا (و ر ب$_{د}$)

= ٢٥ يوم

و ر ب$_{ب}$ = و ر ن$_{ب}$ - ت$_{ب}$

= ٢٥ ـ ٨ = ١٧ يوم

ويمثل الشكل (٣ - ١٢ - ب) أربعة أنشطة أخرى ، ويحسب الوقت الأخير لهم على أساس افتراض و ر ن للأنشطة ب ، ج ، د ، ويقصد افتراضاً لأنه لم تعالج حتى الآن شبكة تتابعية كاملة ، وعلى ذلك يكون (و ر ن) للثلاثة أنشطة ب ، ج ، د ، هو ٢٦ ، ٢٠ ، ٢١ يوم . وتكون بقية الوقت الأخير للأنشطة كما يلي :

و ر ب = و ر ن ـ ت

و ر ب$_{ب}$ = ٢٦ ـ ٦ = ٢٠ يوماً

و ر ب$_{ج}$ = ٢٠ ـ ٣ = ١٧ يوماً

و ر ب$_{د}$ = ٢١ ـ ٨ = ١٣ يوماً

و ر ن$_{أ}$ = القيمة الدنيا من بين و ر ب$_{ب}$ ، و ر ب$_{ج}$ ، و ر ب$_{د}$

∴ و ر ن$_{أ}$ = و ر ب$_{د}$ = ١٣ يوم

و ر ب$_{أ}$ = و ر ن$_{أ}$ - ت$_{أ}$

= ١٣ ـ ٤ = ٩ يوم

ويمثل شكل (٣ - ١٢ - ج) مجموعة من ستة أنشطة كجزء من شبكة تتابعية ، وتكون حسابات الوقت الأخير لهذه الأنشطة كما يلي :

و ر ن$_{هـ}$ = ٢٨ يوم — هذه القيم افتراضية كما سبق شرحه

و ر ن$_{ع}$ = ٣٦ يوم

و ر ب = و ر ن ـ ت

و ر ب$_{هـ}$ = ٢٨ ـ ٨ = ٢٠ يوم

و ر ب$_{ع}$ = ٣٦ ـ ١٢ = ٢٤ يوم

و ر ن$_{أ}$ = و ر ب$_{هـ}$ = ٢٠ يوم

و ر ن$_{ب}$ = و ر ب$_{هـ}$ = ٢٠ يوم

و ر ن$_{ج}$ = القيمة الدنيا (و ر ب$_{هـ}$ ، و ر ب$_{ع}$)

= و ر ب$_{هـ}$ = ٢٠ يوم

و ر ن$_{د}$ = و ر ب$_{ع}$ = ٢٤ يوم

و ر ب$_{أ}$ = ٢٠ ـ ٥ = ١٥ يوم

و ر ب$_{ب}$ = ٢٠ ـ ٧ = ١٣ يوم

و ر ب$_{ج}$ = ٢٠ ـ ٣ = ١٧ يوم

و ر ب$_{د}$ = ٢٤ ـ ١٠ = ١٤ يوم

٣ - ٦ - ٢ المرونة الوقتية

تمت حسابات الشبكة السهمية على الشبكة كما سبق ، ولكن يراد هنا أن يبدأ الحساب بالمرونة الوقتية ومن ثم استكمال الحسابات حتى جدولة المشروع . تعتمد هذه الحسابات على ضلع التأخير . والضلع هو الخط الذي يربط تسلسل الشبكة التتابعية ببعضها البعض .

يعرّف ضلع التأخير على أنه الفرق الزمني بين الوقت الأول لبدء أي نشاط وبين الوقت الأول لانتهاء النشاط السابق للنشاط تحت الدراسة . فلو افترضنا أن نشاطاً ما يرمز له بالرمز « ب » ويسبقه النشاط « أ » فتكون قيمة ضلع التأخير « ض خ أ ـ ب » = و ل ب$_{ب}$ - و ل ن$_{أ}$. ولا تقل قيمة (ض خ) عن الصفر وتحسب قيمته لكل ضلع في الشبكة التتابعية . تعتبر (ض خ) الأساس لكل حسابات الشبكة التتابعية . والآن بعد تعريف قيمة ضلع التأخير ، يمكن تعريف المرونة الوقتية بدلالة ضلع التأخير .

المرونة الوقتية الحرة

من المعتاد اعتبار أن أنشطة المشروع تبدأ في الوقت الأول لها ، وبالرغم من ذلك توجد بعض الأنشطة التي يمكن تأخير الانتهاء منها بعد الوقت الأول للانتهاء بدون أن يؤثر ذلك على موعد تسليم المشروع ـ وتعتبر هذه الأنشطة أنشطة لها مرونة وقتية حرة (راجع ٣-٥-٣-٢) .

نعتبر نشاطاً « أ » والمرتبط مع النشاط « ب » التالي له ، فتكون المرونة الوقتية الحرة م حأ = القيمة الدنيا من بين و ل بب - و ل نأ وهذه هي العلاقة العامة للمرونة الوقتية الحرة حيث أن النشاط « ب » يرمز إلى نشاط أو أكثر مرتبطاً وتالياً للنشاط « أ » .

∴ و ل نأ قيمة ثابتة وواحدة

∴ م حأ = القيمة الدنيا من بين (و ل بب - و ل نأ)

= القيمة الدنيا من بين (ض خأ - ب)

وتحسب قيمة المرونة الوقتية الحرة للنشاط الأخير في الشبكة بطريقة خاصة ، حيث لا يوجد نشاط تالي له . ويمكن افتراض الحدود الأخرى للنشاط الأخير بأنه الوقت الأخير لتسليم المشروع ، وطالما أنه لا يراد تأخير تسليم المشروع فإن الوقت الأخير لتسليم المشروع يعادل الوقت الأول لتسليمه وبذلك تكون المرونة الوقتية الحرة مساوية للصفر (المرونة الوقتية الحرة للنشاط الأخير تساوي الفرق بين الوقت الأخير لانتهاء النشاط الأخير وبين الوقت الأول لانتهائه) . طالما أن المرونة الوقتية الحرة عرفت بدلالة ضلع التأخير فإنها لا تساوي قيمة سالبة .

المرونة الوقتية الكلية

يعرف الوقت المتاح للنشاط بالفرق بين الوقت الأخير لانتهائه والوقت الأول لبدئه أما المرونة الوقتية الكلية فتكون حاصل طرح وقت النشاط من الوقت المتاح للنشاط أي :

م كأ = و ر نأ - و ل نأ

أو م كأ = و ر بأ - و ل بأ

وحيث أن الوقت الأخير لانتهاء النشاط « أ » يساوي القيمة الدنيا للوقت الأخير لبدء الأنشطة التالية له والمعتمدة عليه .

∴ م كأ = القيمة الدنيا و ر بب - و ل نأ

و ∴ و ل نأ = لها قيمة ثابتة فإن :

م كأ = القيمة الدنيا (و ر بب - و ل نأ)

ويبين شكل (٣ - ١٣) الوقت المتاح والمرونة الوقتية الكلية للنشاط . يتبين من هذا الشكل أن :

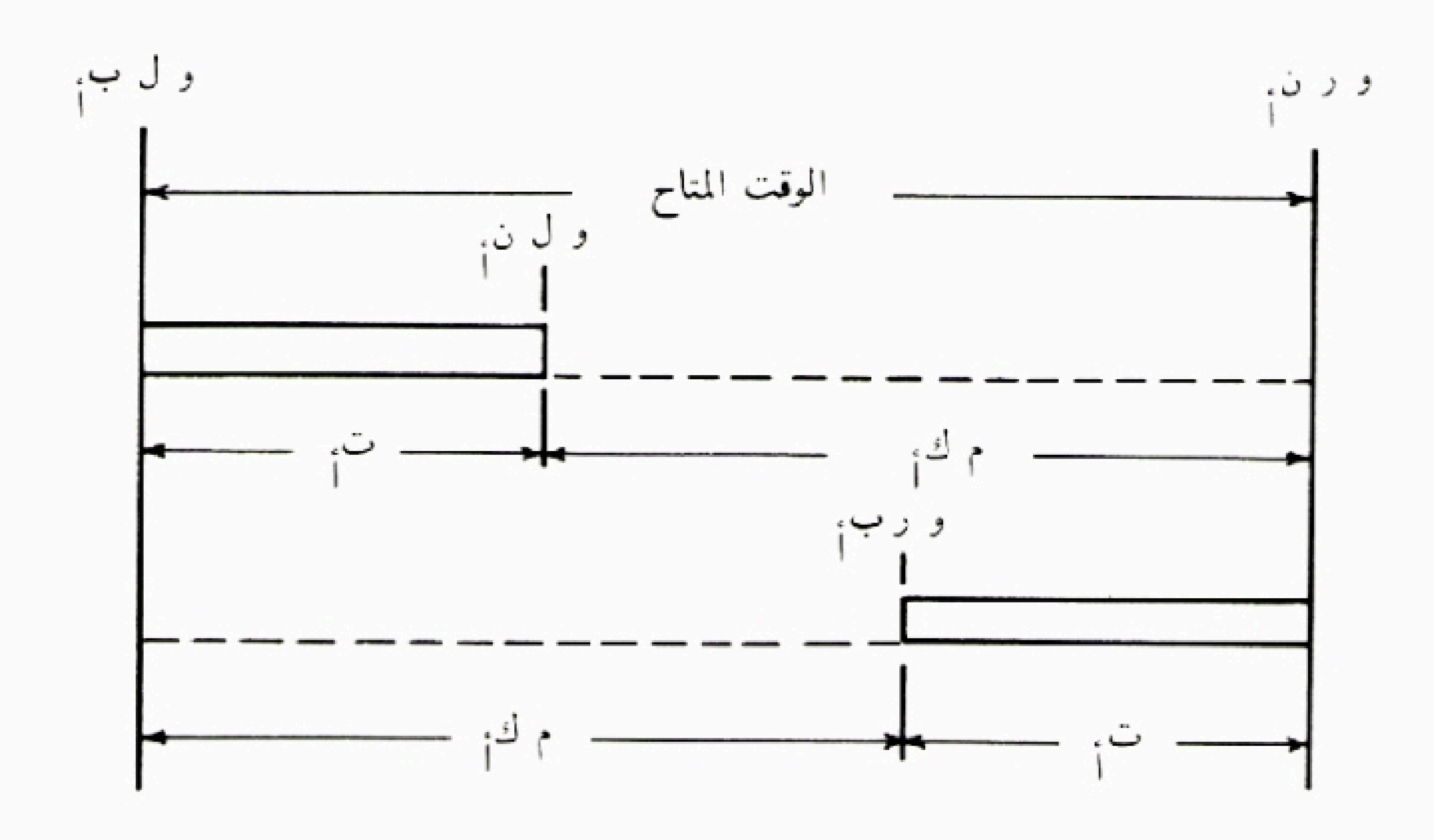
و ر بب = و ل بب + م كب

وبالتعويض في علاقة المرونة الوقتية الكلية :

$$\text{م ك}_{\text{أ}} = \text{القيمة الدنيا } (\text{و ل ب}_{\text{ب}} + \text{م ك}_{\text{ب}} - \text{و ل ن}_{\text{أ}})$$

$$= \text{القيمة الدنيا } (\text{و ل ب}_{\text{ب}} - \text{و ل ن}_{\text{أ}} + \text{م ك}_{\text{ب}})$$

$$\text{م ك}_{\text{أ}} = \text{القيمة الدنيا } (\text{ض خ}_{\text{أ - ب}} + \text{م ك}_{\text{ب}})$$



شكل (٣ - ١٣) الوقت المتاح والمرونة الوقتية الكلية

يتبين من العلاقة الأخيرة أنه لكي يتسنى حساب المرونة الوقتية الكلية يجب أن يكون لكل نشاط نشاطاً تالياً له ، ويتحقق ذلك الشرط لكل الأنشطة ما عدا النشاط الأخير في المشروع ، الذي ينبغي حسابه بطريقة خاصة . ويفترض أن قيمة الوقت الأخير لانتهاء النشاط الأخير تساوي قيمة الوقت الأول لانتهائه . وتكون قيمة المرونة الوقتية الكلية للنشاط الأخير مساوية للصفر .

يعرف النشاط الحرج بأنه النشاط الذي تكون قيمة المرونة الوقتية الكلية له مساوية الصفر ، طالما أن المرونة الوقتية الكلية للنشاط الأخير تساوي صفراً . أما إذا تم تأخير المشروع أي أصبح الوقت الأخير لانتهاء النشاط الأخير أكبر من الوقت الأول لانتهائه، فمعنى ذلك أن المرونة الوقتية الكلية للنشاط الأخير لها قيمة موجبة . ويقع هذا النشاط على المسار الحرج ، إذا كانت قيمة المرونة الوقتية الكلية له مساوية لقيمة المرونة الوقتية الكلية للنشاط الأخير .

المرونة الوقتية المتداخلة

عرفت المرونة الوقتية المتداخلة على أنها الفترة الزمنية التي يتم فيها الانتهاء من النشاط بدون تأخير تسليم المشروع ، ولكن قد يؤدي ذلك إلى تأخير البدء لبعض أنشطة المشروع الأخرى وتحدد هذه المرونة الوقتية بالوقت الأخير لانجاز النشاط والوقت الأول لبدء النشاط (أو الأنشطة) التالية له والمعتمدة عليه ، أي :

م م$_{أ}$ = و ر ن$_{أ}$ ـ القيمة الدنيا (و ل ب$_{ب}$)

حيث أن :

م م$_{أ}$ = المرونة الوقتية المتداخلة للنشاط أ

و ر ن$_{أ}$ = الوقت الأخير لانتهاء النشاط أ

و ل ب$_{ب}$ = الوقت الأول لبدء النشاط (أو الأنشطة) ب

وحيث أن :

و ر ن$_{أ}$ = و ل ن$_{أ}$ + م ك$_{أ}$

∴ م م$_{أ}$ = و ل ن$_{أ}$ + م ك$_{أ}$ ـ القيمة الدنيا (و ل ب$_{ب}$)

وحيث أن :

م ل ن$_{أ}$ ثابتة فيكون

م م$_{أ}$ = م ك$_{أ}$ ـ القيمة الدنيا (و ل ب$_{ب}$ ـ و ل ن$_{أ}$)

ويمكن التعبير عن المرونة الوقتية المتدخلة على الشكل التالي :

م م$_{أ}$ = م ك$_{أ}$ ـ م ح$_{أ}$

المرونة الوقتية غير الاعتيادية

تعرف المرونة الوقتية غير الاعتيادية بأنها الفترة الزمنية لأي نشاط والتي يتم في خلالها النشاط بدون أن تتأثر أو يؤثر على أي نشاط آخر في المشروع. ويستنتج من التعريف السابق أن كل نشاط يلي النشاط تحت الدراسة يجب أن يبدأ مبكراً وكل نشاط سابق له يجب أن يتم متأخراً بقدر الإمكان .

المرونة الوقتية غير الاعتيادية (م غ$_{أ}$) =
القيمة الدنيا (و ل ب$_{ص}$) ـ القيمة القصوى (و ر ن$_{س}$) ـ ت$_{أ}$

حيث أن :

م غ$_{أ}$ المرونة الوقتية غير الاعتيادية للنشاط (أ)

ص النشاط (أو الأنشطة) التي تلي النشاط (أ) وتعتمد عليه

س النشاط (أو الأنشطة) التي تسبق النشاط (أ) ويعتمد عليها

ت$_{أ}$ وقت النشاط (أ)

وطالما أن حسابات الشبكة التتابعية تعتمد على الوقت الأول ، فإن الوقت الأخير للنشاط (س) يجب أن يعبر عنه بالوقت الأول وعلى ذلك يكون :

$م غ_أ$ = القيمة الدنيا (و ل ب$_{ص}$) ـ القيمة القصوى (و ل ن$_{س}$ + م ك$_{س}$) ـ ت$_{أ}$

وبإضافة وطرح كل من و ل ن$_{أ}$ ، و ل ب$_{أ}$ لمعادلة م غ$_{أ}$ فيكون :

$م غ_أ$ = القيمة الدنيا (و ل ب$_{ص}$) + و ل ن$_{أ}$ ـ و ل ن$_{أ}$ ـ القيمة القصوى (و ل ن$_{س}$ + م ك$_{س}$) + و ل ب$_{أ}$ ـ و ل ب$_{أ}$ ـ ت$_{أ}$.

$م غ_أ$ = القيمة الدنيا (و ل ب$_{ص}$ ـ و ل ن$_{أ}$) ـ القيمة القصوى (م ك$_{س}$ ـ (و ل ب$_{أ}$ ـ و ل ن$_{س}$)) + (و ل ن$_{أ}$ ـ و ل ب$_{أ}$) ـ ت$_{أ}$

وتصبح م غ$_{أ}$ = القيمة الدنيا (ض خ$_{أ ـ ص}$) ـ القيمة القصوى (م ك$_{س}$ ـ ض خ$_{س ـ أ}$) .

وذلك لأن :

ض خ$_{أ ـ ص}$ = و ل ب$_{ص}$ ـ و ل ن$_{أ}$ ،

ض خ$_{س ـ أ}$ = و ل ب$_{أ}$ ـ و ل ن$_{س}$ ،

ت$_{أ}$ = و ل ن$_{أ}$ ـ و ل ب$_{أ}$

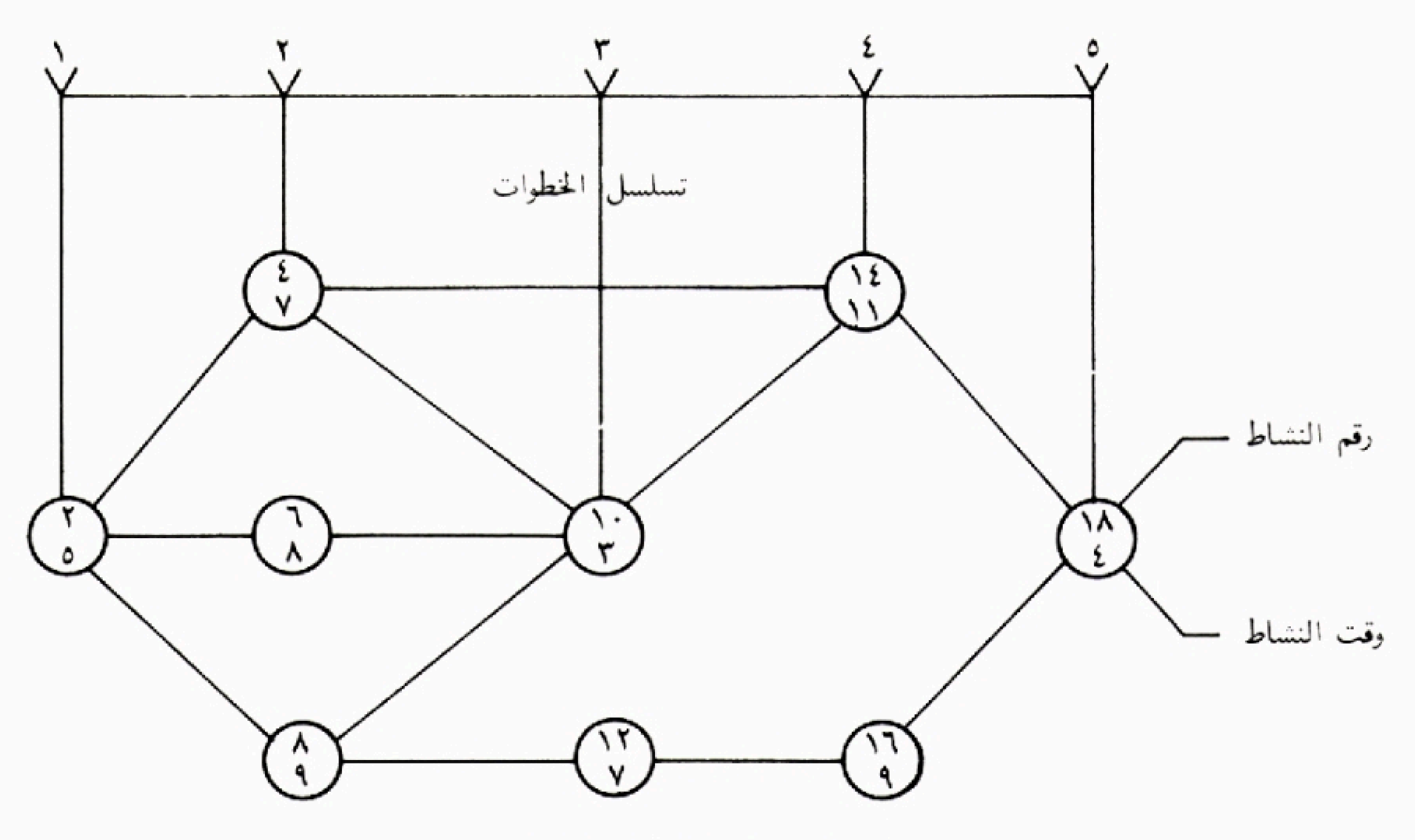
ويمكن التعبير كذلك عن المرونة الوقتية غير الاعتيادية كالتالي :

م غ$_{أ}$ = م ح$_{أ}$ ـ القيمة القصوى (م ك$_{س}$ ـ ض خ$_{س ـ أ}$) .

٣ - ٦ - ٣ الحسابات على الجدول

تتم الحسابات بهذه الطريقة بدون الحاجة لرسم الشبكة التتابعية مما يوفر على المخطط وقت رسمها ، ولكن إذا تعقدت الشبكة فإن الحسابات قد تحتاج لجهد كبير . وبالرغم من ذلك فتعتبر هذه الطريقة النواة للحسابات باستخدام الحاسب الآلي .

وتبدأ هذه الطريقة بمعرفة قائمة الأنشطة للمشروع . فنفترض أن لدينا مشروعاً صغيراً مكوناً من تسعة أنشطة كما هو مبين بجدول (٣ - ١٣) . ويضاف وقت النشاط لحساب الوقت الأول لكل نشاط ، وتحسب بعد ذلك قيمة ضلع التأخير ثم المرونة الوقتية وأخيراً الوقت الأخير للنشاط .



شكل (٣ - ١٤) الشبكة التتابعية

وعليه ترتب البيانات الواردة بجدول (٣ -١٣) بطريقة تسمح للحسابات أن تتم وفق التسلسل المذكور سابقاً . ويبين جدول (٣ - ١٤) بيانات المشروع وقد أعيد ترتيبها . فيحتوي جدول (٣ - ١٤) بعد اعادة ترتيب البيانات من اليمين إلى اليسار على النشاط (اسمه ، رمزه) ، وقت النشاط ، والنشاط السابق له (ليوضح ضلع الاتصال بين الأنشطة) . وبعد ذلك ترتب المعلومات المتوقع حسابها وهي بالترتيب : الوقت الأول للبدء ، الوقت الأول للانتهاء ، ضلع التأخير ، المرونة الوقتية الحرة ، المرونة الوقتية الكلية ، المرونة الوقتية المتداخلة ، المرونة الوقتية غير الاعتيادية ، الوقت الأخير للبدء ، الوقت الأخير للانتهاء .

جدول (٣ - ١٣) قائمة الأنشطة

رقم النشاط	وقت النشاط (يوم)	يعتمد على
٢	٥	—
٤	٧	٢
٦	٨	٢
٨	٩	٢
١٠	٣	٤ ، ٦ ، ٨
١٢	٧	٨
١٤	١١	٤ ، ١٠
١٦	٩	١٠ ، ١٢
١٨	٤	١٤ ، ١٦

جدول (٣ - ١٤) مدخلات الحسابات

النشاط	ت	النشاط السابق	و ل ب و ل ن ض خ	م ح م ك م م م غ	و ر ب و ر ن
٢	٥				
٤	٧	٢			
٦	٨	٢			
٨	٩	٢			
١٠	٣	٤ ٦ ٨			
١٢	٧	٨			
١٤	١١	٤ ١٠			
١٦	٩	١٠ ١٢			
١٨	٤	١٤ ١٦			

حساب الوقت الأول للنشاط

تبدأ حسابات الوقت الأول للنشاط بغرض أن الوقت الأول لبدء المشروع ، أي الوقت الأول لبدء النشاط الأول هو صفر ، وعلى هذا يكون الوقت الأول هو صفر وبالتالي يكون الوقت الأول لانتهاء النشاط الأول يساوي الوقت الأول لبدئه مضافاً اليه وقت النشاط . فيكون الوقت الأول لبدء النشاط رقم (٢) صفراً والوقت الأول لانتهائه يساوي خمسة أيام . وأيضاً الوقت الأول لبدء الأنشطة ٤ ، ٦ ، ٨ هو الوقت الأول لانتهاء النشاط رقم (٢) ، ثم يحسب الوقت الأول لانتهاء هذه الأنشطة السابقة لهذا النشاط وتشمل الأنشطة ٤ ، ٦ ، ٨ أي ١٤ يوم .

ويكون الوقت الأول لبدء النشاط رقم (١٢) معادلاً للوقت الأول لانتهاء النشاط رقم (٨) . وأيضاً الوقت الأول لبدء النشاط رقم (١٤) هو القيمة القصوى من بين (١٢ ، ١٧ يوم) أي ١٧ يوماً .

وتستمر الحسابات بهذه الطريقة حتى يحدد الوقت الأول لانتهاء المشروع ويعادل ٣٤ يوماً .

حساب ضلع التأخير

تحسب قيمة ضلع التأخير من الوقت الأول للأنشطة وعلى سبيل المثال :

ض خ$_{٢ - ٤}$ = و ل ب$_{٤}$ - و ل ن$_{٢}$
= ٥ - ٥ = صفر

ض خ$_{٤ - ١٠}$ = و ل ب$_{١٠}$ - و ل ن$_{٤}$
= ١٤ - ١٢ = ٢

ض خ$_{٦ - ١٠}$ = و ل ب$_{١٠}$ - و ل ن$_{٦}$
= ١٤ - ١٣ = ١

ض خ$_{٨ - ١٠}$ = و ل ب$_{١٠}$ - و ل ن$_{٨}$
= ١٤ - ١٤ = صفر

ويستمر العمل كما هو موضح بجدول (٣ -١٥)

جدول (٣ - ١٥) حسابات الوقت الأول

النشاط	ت	النشاط السابق	و ل ب	و ل ن	ض خ	م ح م ك م م م غ	و ر ب و ر ن
٢	٥		صفر	٥			
٤	٧	٢	٥	١٢	صفر		
٦	٨	٢	٥	١٣	صفر		
٨	٩	٢	٥	١٤	صفر		
١٠	٣	٤	١٤	١٧	٢		
		٦			١		
		٨			صفر		
١٢	٧	٨	١٤	٢١	صفر		
١٤	١١	٤	١٧	٢٨	٥		
		١٠			صفر		
١٦	٩	١٠	٢١	٣٠	٤		
		١٢			صفر		
١٨	٤	١٤	٣٠	٣٤	٢		
		١٦			صفر		

حساب المرونة الوقتية الحرة

تحسب المرونة الوقتية الحرة على أنها القيمة الدنيا لمجموعة ضلع التأخير للأنشطة التالية للنشاط تحت الدراسة .

فالمرونة الوقتية الحرة للنشاط رقم (٢) تعادل القيمة الدنيا لمجموع ضلع التأخير (ض خ ٢-٤ ، ض خ ٢-٦ ، ض خ ٢-٨) لأن الأنشطة ٤ ، ٦ ، ٨ تعتمد على النشاط رقم (٢) . ولما كانت قيمة ضلع التأخير لكل منهم تساوي صفراً ، فتكون المرونة الوقتية الحرة للنشاط رقم (٢) مساوية للصفر . ويبين جدول (٣ - ١٦) حسابات المرونة الوقتية . فلحساب المرونة الوقتية الحرة للنشاط رقم (٤) يلاحظ عامود « النشاط السابق » وتؤخذ قيم ضلع التأخير للأنشطة

جدول (٣ - ١٦) حساب المرونة الوقتية

النشاط	ت	النشاط السابق	و ل ب	و ل ن	ض خ	م ح	م ك	م م	م غ	و ر ب و ر ن
٢	٥		صفر	٥		صفر	صفر	صفر	صفر	
٤	٧	٢	٥	١٢	صفر	٢	٤	٢	٢	
٦	٨	٢	٥	١٣	صفر	١	٣	٢	١	
٨	٩	٢	٥	١٤	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	
١٠	٣	٤	١٤	١٧	٢	صفر	٢	٢	صفر	
		٦			١					
		٨			صفر					
١٢	٧	٨	١٤	٢١	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	
١٤	١١	٤	١٧	٢٨	٥	٢	٢	صفر	صفر	
		١٠			صفر					
١٦	٩	١٠	٢١	٣٠	٤	صفر	صفر	صفر	صفر	
		١٢			صفر					
١٨	٤	١٤	٣٠	٣٤	٢	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٤
		١٦			صفر					

المرتبطة والتالية للنشاط رقم (٤) ، فتكون في هذه الحالة ض خ$_{٤-١٠}$ = ٢ يوم ، ض خ$_{٤-١٤}$ = ٥ يوم ولما كانت المرونة الوقتية الحرة تعادل القيمة الدنيا لها بين القيمتين فتكون يومان . وتستمر الحسابات بنفس الطريقة حتى الوصول للنشاط الأخير فتقدر المرونة الوقتية الحرة

على أنها الفرق بين الوقت الأخير للانتهاء من هذا النشاط والوقت الأول لانتهائه أي صفراً ، طالما أننا افترضنا أن و ر ن$_{١٨}$ = ٣٤ يوماً .

حساب المرونة الوقتية الكلية

افترضنا هنا أن قيمة الوقت الأخير لانتهاء النشاط الأخير تساوي ٣٤ يوماً ولما كانت المرونة الوقتية الكلية تساوي الفرق بين الوقت الأخير لانتهاء النشاط والوقت الأول لانتهائه فيكون :

م ك$_{١٨}$ = و ر ن$_{١٨}$ - و ل ن$_{١٨}$

= ٣٤ - ٣٤ = صفر

وتحسب المرونة الوقتية الكلية بطريقة عكسية ، أي من أرقام الأنشطة الكبيرة إلى الصغيرة . وسنحسب في الخطوة التالية المرونة الوقتية الكلية للنشاط رقم (١٦) ، وذلك لأن النشاط رقم (١٦) يرتبط بضلع مع النشاط رقم (١٨) ؛ وتكون المرونة الوقتية الكلية للنشاط رقم (١٦) كالتالي :

م ك$_{أ}$ = القيمة الدنيا (ض خ$_{أ - ب}$ + م ك$_{ب}$)

م ك$_{١٦}$ = القيمة الدنيا (ض خ$_{١٦ - ١٨}$ + م ك$_{١٨}$)

= القيمة الدنيا (صفر + صفر) = صفر

م ك$_{١٤}$ = القيمة الدنيا (ض خ$_{١٤ - ١٨}$ + م ك$_{١٨}$)

= القيمة الدنيا (٢ + صفر) = ٢

م ك$_{١٢}$ = القيمة الدنيا (ض خ$_{١٢ - ١٦}$ + م ك$_{١٦}$)

= القيمة الدنيا (صفر + صفر) = صفر

م ك$_{١٠}$ = القيمة الدنيا (« ض خ$_{١٠ - ١٦}$ + م ك$_{١٦}$ » أو «ض خ$_{١٠ - ١٤}$ + م ك$_{١٤}$ »)

= القيمة الدنيا (« ٤ + صفر» أو « صفر + ٢ »)

= ٢

م ك$_{٨}$ = القيمة الدنيا (« ض خ$_{٨ - ١٠}$ + م ك$_{١٠}$ » أو « ض خ$_{٨ - ١٢}$ + م ك$_{١٢}$ »)

= القيمة الدنيا (« صفر + ٢ » أو « صفر + صفر »)

= صفر

ونستمر بهذه الطريقة حتى نصل إلى النشاط رقم (٢) .

حساب الوقت الأخير للنشاط :

تحسب قيم الوقت الأخير لبدء النشاط من :

$$\text{و ر ب}_{\text{أ}} = \text{و ل ب}_{\text{أ}} + \text{م ك}_{\text{أ}}$$

والوقت الأخير لانتهاء النشاط من :

$$\text{و ر ن}_{\text{أ}} = \text{و ل ن}_{\text{أ}} + \text{م ك}_{\text{أ}}$$

ويمثل جدول (٣ - ١٧) حساب الوقت الأخير للنشاط .

جدول (٣ - ١٧) حساب الوقت الأخير للنشاط

النشاط	ت	النشاط السابق	م ل ب	و ل ن	ض خ	م ح	م ك	م م	م غ	و ر ب	و ر ن
٢	٥		صفر	٥		صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٥
٤	٧	٢	٥	١٢	صفر	٢	٤	٢	٢	٩	١٦
٦	٨	٢	٥	١٣	صفر	١	٣	٢	١	٨	١٦
٨	٩	٢	٥	١٤	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٥	١٤
١٠	٣	٤ ٦ ٨	١٤	١٧	٢ ١ صفر	صفر	٢	٢	صفر	١٦	١٩
١٢	٧	٨	١٤	٢١	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١٤	٢١
١٤	١١	٤ ١٠	١٧	٢٨	٥ صفر	٢	٢	صفر	صفر	١٩	٣٠
١٦	٩	١٠ ١٢	٢١	٣٠	٤ صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢١	٣٠
١٨	٤	١٤ ١٦	٣٠	٣٤	٢ صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٠	٣٤

م ك ٢ = القيمة الدنيا (« ض خ ٢ ـ ٤ + م ك ٤ »
أو « ض خ ٢ ـ ٦ + م ك ٦ » أو
« ض خ ٢ ـ ٨ + م ك ٨ »)
= القيمة الدنيا (« صفر + ٤ » أو « صفر + ٣ » أو « صفر + صفر »)
= صفر .

ويتضح مما سبق بأن الأنشطة ٢ ، ٨ ، ١٢ ، ١٦ ، ١٨ تمثل الأنشطة الحرجة في المشروع والتي يكون مجموع أوقاتها هو الوقت الكلي اللازم لانتهاء المشروع .

حساب المرونة الوقتية المتداخلة

طبقت هنا العلاقة الخاصة بالمرونة الوقتية المتداخلة والتي تنص على أنها حاصل طرح المرونة الوقتية الحرة للنشاط من المرونة الوقتية الكلية له ويلاحظ ذلك بجدول (٣ - ١٦) .

حساب المرونة الوقتية غير الاعتيادية

تكون المرونة الوقتية غير الاعتيادية مساوية للصفر ، طالما أن المرونة الوقتية الحرة لهذا النشاط مساوية للصفر . ويتبقى بعض الأنشطة التي قد تكون لها مرونة وقتية غير اعتيادية نحسبها فيما يلي :

م غ$_{أ}$ = م ح$_{أ}$ ـ القيمة القصوى (م ك$_{س}$ ـ ض خ$_{س ـ أ}$)

م غ$_{٤}$ = م ح$_{٤}$ ـ القيمة القصوى (م ك$_{٢}$ ـ ض خ$_{٢ ـ ٤}$)

= ٢ ـ القيمة القصوى (صفر ـ صفر) = ٢

م غ$_{٦}$ = م ح$_{٦}$ ـ القيمة القصوى (م ك$_{٢}$ ـ ض خ$_{٢ ـ ٦}$)

= ١ ـ القيمة القصوى (صفر ـ صفر) = ١

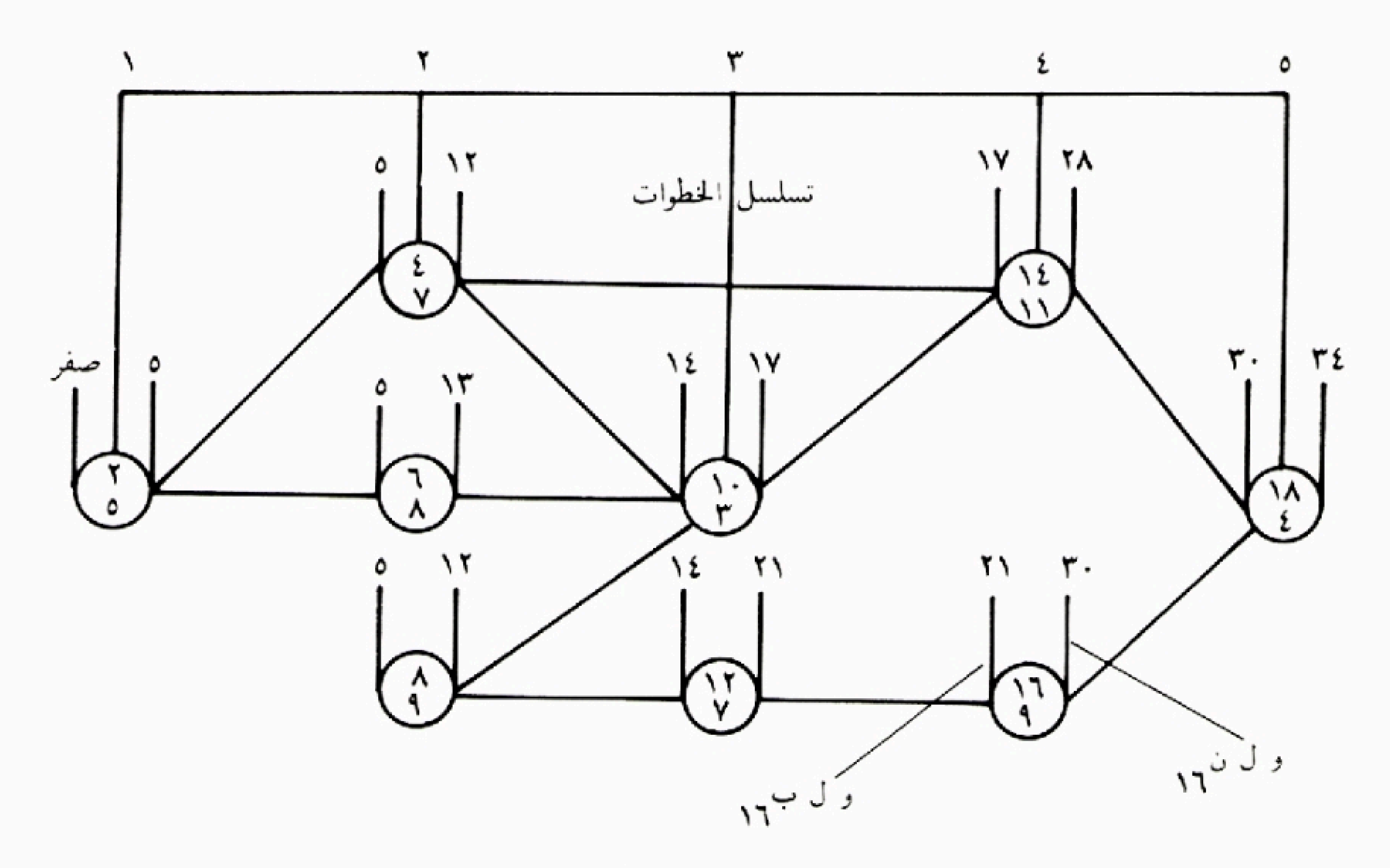
م غ$_{١٤}$ = م ح$_{١٤}$ ـ القيمة القصوى (« م ك$_{٤}$ ـ ض خ$_{٤ ـ ١٤}$ » أو « م ك$_{١٠}$ ـ ض خ$_{١٠ ـ ١٤}$») .

= ٢ ـ القيمة القصوى (« ٤ ـ ٥ » أو « ٢ ـ صفر ») = ٢

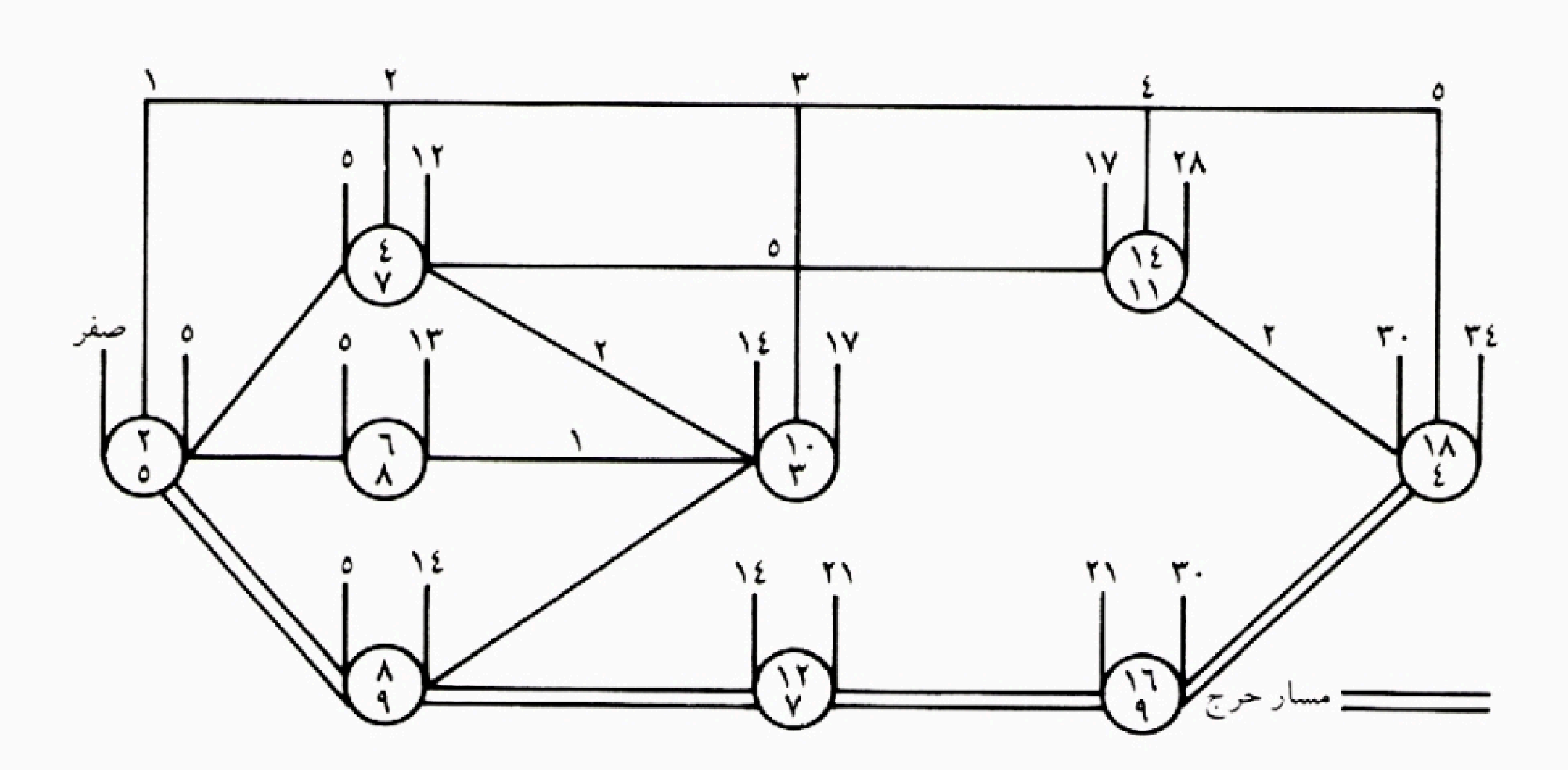
٣ - ٦ - ٤ الحسابات على الشبكة

تبدأ الحسابات بهذه الطريقة برسم الشبكة التتابعية . وتتسلسل الحسابات بنفس الطريقة السابقة وذلك بحساب الوقت الأول للنشاط . ويكتب الوقت الأول لبدء النشاط على يسار دائرة النشاط من أعلى والوقت الأول لانتهائه على يمين الدائرة من أعلى وقد افترضنا أن الوقت الأول لبدء النشاط الأول يساوي صفراً . ويبين شكل (٣ - ١٤) الشبكة التتابعية للمشروع ، أما شكل (٣ - ١٥) فيبين الوقت الأول للنشاط وعلى سبيل المثال يكون الوقت الأول لانتهاء النشاط الأول هو صفر + ٥ = ٥ ، والوقت الأول لبدء الأنشطة ٤ ، ٦ ، ٨ مساوياً للوقت الأول لانتهاء النشاط رقم (٢) ، ويحسب الوقت الأول لانتهائهم كالمعتاد . ويعادل الوقت الأول لبدء النشاط رقم (١٠) القيمة القصوى للوقت الأول لانتهاء الأنشطة ٤ ، ٦ ، ٨ ، أي يعادل ١٤ يوماً ، وتستمر الحسابات حتى معرفة الوقت الأول لتسليم المشروع ، ألا وهو ٣٤ يوماً .

ويحسب ضلع التأخير بسهولة من على الرسم مباشرة ، وذلك بالنظر إلى كل نشاطين ، مرتبطين بضلع بينهما ، ويمثل حاصل طرح الوقت الأول لانتهاء النشاط من الوقت الأول لبدء النشاط



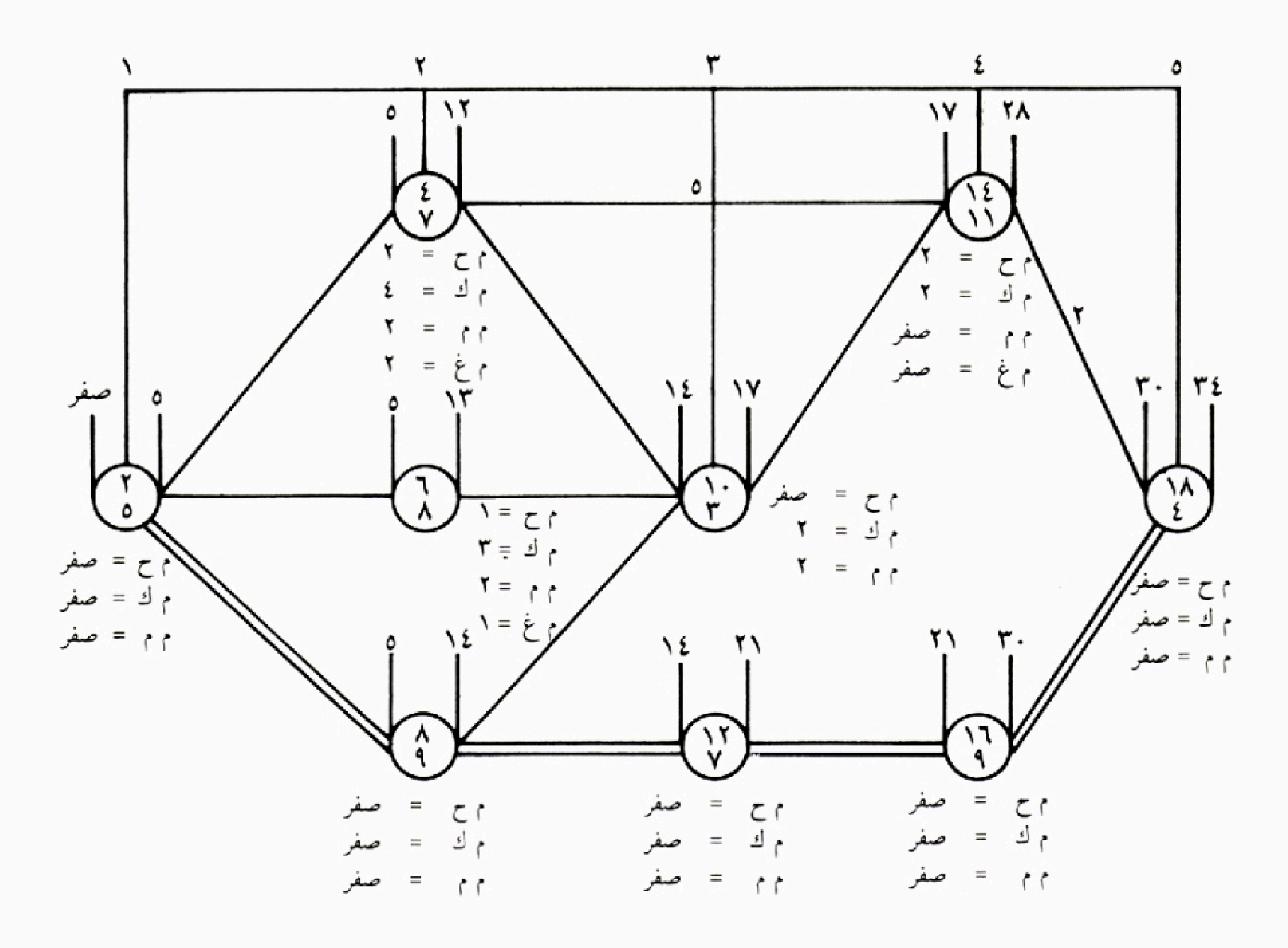
شكل (٣ - ١٥) الوقت الأول للنشاط



شكل (٣ - ١٦) حساب ضلع التأخير

التالي ضلع التأخير بين النشاطين . فمثلاً ضلع التأخير بين النشاطين ٢ ، ٤ يعادل (٥ ـ ٥) أي صفر ، أما ضلع التأخير بين النشاطين ٦ ، ١٠ فيعادل يوماً واحداً ويمثل شكل (٣ - ١٦) حسابات ضلع التأخير .

ويلاحظ أنه لم تكتب قيمة ضلع التأخير طالما أنها صفر . ويمكن بسهولة معرفة المسار الحرج ، حيث هو المسار الذي يحتاج لأطول وقت زمني ، وهو في هذه الحالة ٢ - ٨ - ١٢ - ١٦ - ١٨ . ويبين شكل (٣ - ١٧) المرونة الوقتية .

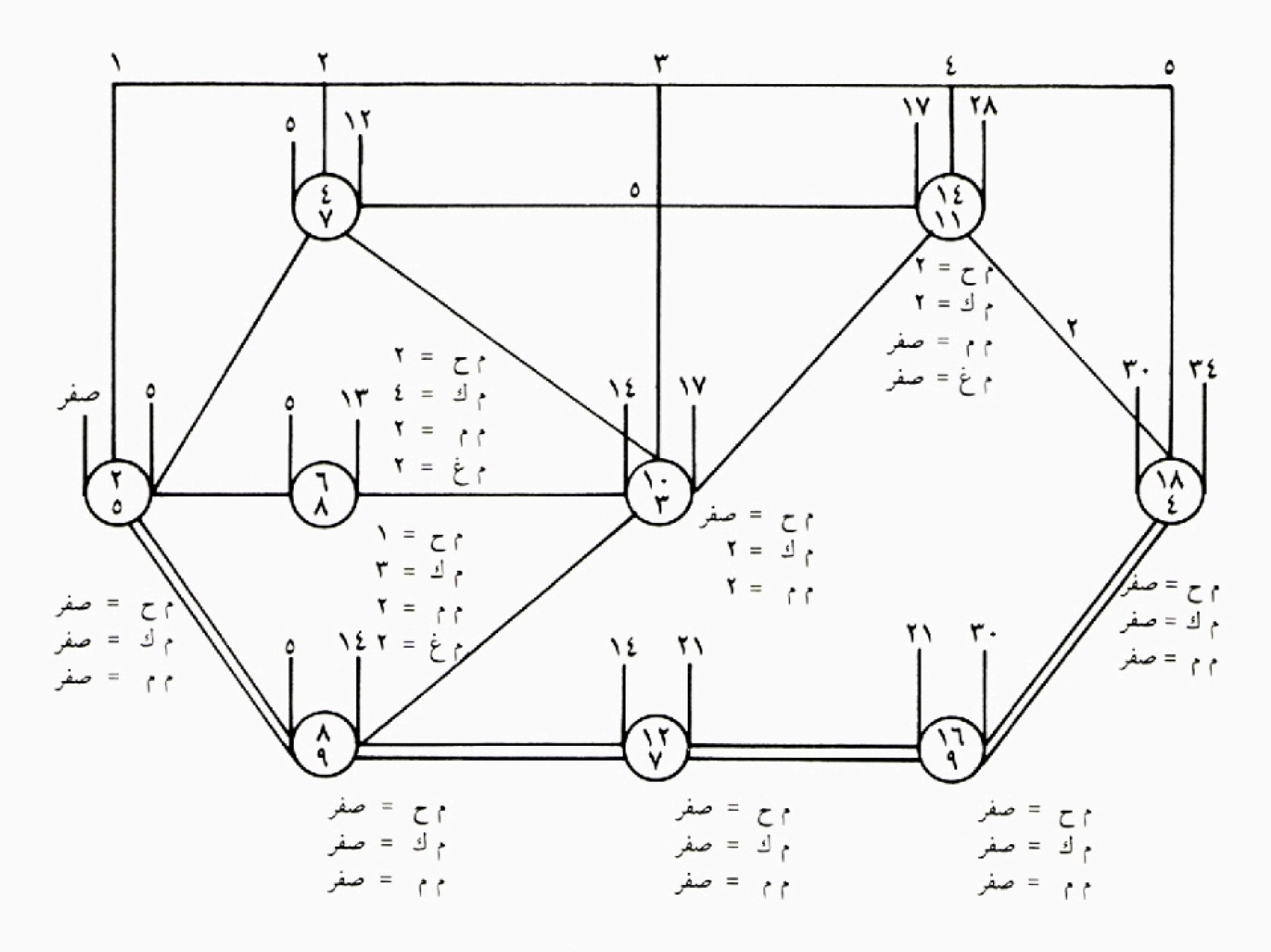


شكل (٣ - ١٧) المرونة الوقتية

تكون المرونة الحرة لأي نشاط مساوية للقيمة الدنيا لمجموعة ضلع التأخير والمرتبطة بالنشاط. فنجد أن النشاط رقم (٢) مرتبط بثلاثة أضلاع (أنظر شكل ٣ - ١٧) وحيث أن قيمة ضلع التأخير لهم جميعاً مساوية للصفر، فتكون المرونة الوقتية الحرة لهذا النشاط مساوية للصفـر. ويرتبط النشاط (٤) بضلعين، قيمة تأخير كل منهما ٥ ، ٢ يوماً. فتكون المرونة الوقتية الحرة للنشاط رقم (٤) هي ٢ يوم. وسيتضح أن قيمة المرونة الوقتية الحرة للأنشطة الحرجة مساوية للصفر وذلك لأن قيمة ضلع التأخير الذي يربطها بالأنشطة الأخرى مساوياً للصفر.

وتبدأ حسابات المرونة الوقتية الكلية من النشاط الأخير أي النشاط رقم (١٨)، وكما تبين سابقاً فإن المرونة الوقتية الكلية لهذا النشاط ستكون مساوية للصفر. ويمكن حساب المرونة الوقتية الكلية للنشاطين ١٤ ، ١٦ ، فتكون المرونة الوقتية الكلية للنشاطين ١٤ ، ١٦ هي ٢ ، صفر على التوالي (المرونة الوقتية الكلية لأي نشاط تساوي القيمة الدنيا لمجموع ضلع التأخير والمرونة الوقتية الكلية للنشاط (أو الأنشطة) المرتبطة بهذا النشاط والتالية له). وتحسب بعد ذلك المرونة الوقتية المتداخلة وهي عبارة عن حاصل طرح المرونة الوقتية الحرة للنشاط من المرونة الوقتية الكلية له.

ولا تحسب المرونة الوقتية غير الاعتيادية لأي نشاط تكون فيه المرونة الوقتية الحرة مساوية للصفر، حيث أنها تكون أيضاً مساوية للصفر، وتحسب بقية الأنشطة بالطريقة المعتادة.



شكل (٣ - ١٨) الوقت الأخير للمشروع

ويبين شكل (٣ - ١٨) حسابات الوقت الأخير للمشروع وبالتالي كل الحسابات السابقة له . وقد كتبت الأوقات الأخيرة للنشاط تحت الدائرة ، وعلى اليسار الوقت الأخير للبدء ، وعلى اليمين الوقت الأخير للانتهاء .

والآن سيتم حل المشروع الذي تم حسابه بطريقة الشبكة السهمية ـ باستخدام الشبكة التتابعية . ويبين جدول (٣ - ١٨) قائمة الأنشطة لهذا المشروع وقد تم تحديد أرقام جديدة للأنشطة وكذلك تم تعريف الاعتمادية لكل نشاط ، حيث أنها كانت محددة سابقاً بطريقة حدثي البداية والنهاية .

ويفضل في هذه الحالة إضافة بداية ونهاية للمشروع لأنه لا يوجد نشاط وحيد كبداية للمشروع أو لنهايته . وتتم الحسابات بالطريقة المعتادة على الجدول . ويبين جدول (٣ - ١٩) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع ، ويسمى النشاط الأول بنشاط توقيع العقد ويكون وقته مساوياً للصفر ، أما النشاط الأخير فهو كتابة التقرير وأيضاً سيفترض أن وقته صفراً .

ويلاحظ أن البدء في الحسابات على الجدول تتم بحساب الوقت الأول لكل نشاط . فمثلاً وقت النشاط رقم (١) يساوي صفراً ، وعلى هذا يكون الوقت الأول لانتهاء النشاط رقم (١) هو صفراً ، على أساس أن الوقت الأول لبدء النشاط له هو الصفر افتراضياً كبداية لأي مشروع . ويحسب الوقت الأول لبقية الأنشطة بالطريقة المعتادة ، فعلى سبيل المثال يكون الوقت الأول

جدول (٣ - ١٨) قائمة الأنشطة للمشروع

النشـــاط حدث البداية	حدث النهاية	رقم النشاط	وقت النشاط	يعتمد على	ملاحظات
١	٢	٢	٥	—	
١	٣	٤	٦	—	
١	٤	٦	٨	—	
٢	٥	٨	٣	٢	
٣	٥	١٠	٤	٤	
٣	٦	١٢	٤	٤	
٤	٦	١٤	صفر	—	لا يحتاج له ويشطب
٤	٧	١٦	٩	٦	
٥	٦	١٨	صفر	—	لا يحتاج له ويشطب
٥	١٠	٢٠	٧	٨ ، ١٠	
٥	١١	٢٢	٨	٨ ، ١٠	
٦	٨	٢٤	٩	٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٢	
٧	٩	٢٦	١٢	١٦	
٨	٩	٢٨	١٢	٢٤	
٩	١٣	٣٠	٧	٢٦ ، ٢٨	
١٠	١٧	٣٢	٣	٢٠	
١١	١٢	٣٤	١٠	٢٢	
١٢	١٤	٣٦	٢	٣٤	
١٣	١٤	٣٨	صفر	—	لا يحتاج له ويشطب
١٣	١٦	٤٠	٨	٣٠	
١٤	١٥	٤٢	٣	٣٠ ، ٣٦	
١٥	١٧	٤٤	٥	٤٢	
١٦	١٧	٤٦	١٤	٤٠	

لبدء النشاط رقم (٢٤) هو الوقت الأكبر للوقت الأول لانتهاء الأنشطة التي يعتمد عليها ، ألا وهي ٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٢ وتعادل في هذه الحالة عشرة أيام وتمثل الوقت الأول لانتهاء النشاطين ١٠ ، ١٢ . ويساوي الوقت الأول لانتهاء النشاط رقم (٢٤) عشرة مضافاً اليها وقت النشاط أي تسعة عشر يوماً .

ويحسب ضلع التأخير من الجدول مباشرة وذلك بالنظر إلى النشاط والنشاط السابق له

جدول (٣ - ١٩) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع

رقم النشاط	ت	النشاط السابق	و ل ب	و ل ن	ض خ	م ح	م ك	م م	م غ	و ر ب	و ر ن
١	صفر		صفر	صفر		صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
٢	٥	١	صفر	٥	صفر	صفر	٢	٢	صفر	٢	٧
٤	٦	١	صفر	٦	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦
٦	٨	١	صفر	٨	صفر	صفر	٢	٢	صفر	٢	١٠
٨	٣	٢	٥	٨	صفر	٢	٢	صفر	صفر	٧	١٠
١٠	٤	٤	٦	١٠	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦	١٠
١٢	٤	٤	٦	١٠	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦	١٠
١٦	٩	٦	٨	١٧	صفر	صفر	٢	٢	صفر	١٠	١٩
٢٠	٧	٨ ١٠	١٠	١٧	٢ صفر	صفر	٤٠	٤٠	صفر	٥٠	٥٧
٢٢	٨	٨ ١٠	١٠	١٨	٢ صفر	صفر	٢٢	٢٢	صفر	٣٢	٤٠
٢٤	٩	٦ ٨ ١٠ ١٢	١٠	١٩	٢ ٢ صفر صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١٠	١٩
٢٦	١٢	١٦	١٧	٢٩	صفر	٢	٢	صفر	صفر	١٩	٣١
٢٨	١٢	٢٤	١٩	٣١	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١٩	٣١
٣٠	٧	٢٦ ٢٨	٣١	٣٨	٢ صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣١	٣٨
٣٢	٣	٢٠	١٧	٢٠	صفر	٤٠	٤٠	صفر	صفر	٥٧	٦٠
٣٤	١٠	٢٢	١٨	٢٨	صفر	صفر	٢٢	٢٢	صفر	٤٠	٥٠
٣٦	٢	٣٤	٢٨	٣٠	صفر	٨	٢٢	١٤	صفر	٥٠	٥٢
٤٠	٨	٣٠	٣٨	٤٦	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٨	٤٦

تابع جدول (٣ - ١٩) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع

رقم النشاط	ت	النشاط السابق	و ل ب	و ل ن	ض خ	م ح	م ك	م م	م غ	ور ب	ور ن
٤٢	٣	٣٠ ٣٦	٣٨	٤١	صفر ٨	صفر	١٤	١٤	صفر	٥٢	٥٥
٤٤	٥	 ٤٢	٤١	٤٦	 صفر	١٤	١٤	صفر	صفر	٥٥	٦٠
٤٦	١٤	٤٠	٤٦	٦٠	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٤٦	٦٠
٤٧	صفر	٣٢ ٤٤ ٤٦	٦٠	٦٠	٤٠ ١٤ صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦٠	٦٠

والموجود في العامود الثالث أسفل النشاط مباشرة . فعلى سبيل المثال النشاط رقم (١) ليس له ضلع اتصال سابق حيث أنه النشاط الأول . أما النشاط رقم (٦) له ضلع اتصال مع النشاط رقم (١) ، أي يحسب ضلع التأخير بين النشاطين ١-٦ ويعادل الفرق بين الوقت الأول لبدء النشاط رقم (٦) والوقت الأول لانتهاء النشاط رقم (١) أي صفراً . ويوجد أربعة أضلاع تربط النشاط رقم (٢٤) مع الأنشطة ٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٢ ويحسب ضلع التأخير لكل نشاطين على حدة مع النشاط رقم (٢٤) أي أن ضلع التأخير بين الأنشطة ٦ _ ٢٤ + ٨ _ ٢٤ + ١٠ _ ٢٤ + ١٢ _ ٢٤ ، ويعادل كما هو مبين بجدول (٣ - ١٩) ٢ ، ٢ ، صفر ، صفر على التوالي . ومن البديهي أن قيمة ضلع التأخير بين نشاط ما ونشاط وحيد سابق له تكون مساوية للصفر لأن الوقت الأول لبدء النشاط في هذه الحالة يعادل الوقت الأول لانتهاء النشاط السابق له .

وتحسب المرونة الوقتية الحرة من الجدول مباشرة وذلك على النحو التالي :

١ - يحدد النشاط المراد حساب المرونة الوقتية الحرة له (نفترض أنه النشاط رقم ٨) .

٢ - نحدد قيم ضلع التأخير للنشاط تحت الدراسة (أي نحدد الأنشطة التي ترتبط مع النشاط رقم (٨) وهي في هذه الحالة ض خ ٨-٢٠ ، ض خ ٨-٢٢ ، ض خ ٨-٢٤) .

٣ - نختار القيمة الدنيا من ضلع التأخير الذي يربط النشاط تحت الدراسة والأنشطة الأخرى (أي نختار القيمة من بين ض خ ٨-٢٠ ، ض خ ٨-٢٢ ، ض خ ٨-٢٤) وتكون هذه القيمة مساوية للمرونة الوقتية الحرة (وتعادل في هذه الحالة يومين) .

٤ - نكرر الخطوات الثلاثة السابقة لكل أنشطة المشروع ، ما عدا النشاط الأخير فهو غير مرتبط بأي أنشطة تالية ، فنفترض أن الوقت الأخير لانتهائه معادلاً للوقت الأول لانتهاء النشاط الأخير ، وعلى ذلك تكون المرونة الوقتية الحرة لهذا النشاط مساوية للصفر ، وتحسب المرونة الوقتية الكلية وفقاً للترتيب التالي :

١ - تكون المرونة الوقتية الكلية للنشاط الأخير مساوية للفرق بين الوقت الأخير لانتهائه والوقت الأول لانتهائه ، وفي العادة تكون المرونة الوقتية الكلية مساوية

للصفر طالما أننا افترضنا أن وقتي الانتهاء من النشاط الأخير متساويين .

٢ - تحدد الأضلاع التي ترتبط بالنشاط المراد حساب المرونة الوقتية الكلية له ، ونبدأ بالأنشطة السابقة للنشاط الأخير مباشرة ، وتتم هذه العملية على نفس المنوال حتى الوصول للنشاط الأول في المشروع . (على سبيل المثال النشاط رقم (١٠) يرتبط بالأنشطة ٢٠ ، ٢٢ ، ٢٤) .

٣ - يحسب حاصل جمع ضلع التأخير والمرونة الوقتية الكلية للنشاط الذي يكون ضلعاً مع النشاط تحت الدراسة (أي في هذه الحالة تحسب قيم كل من :
ض خ ١٠-٢٠ + م ك ٢٠ ، ض خ ١٠-٢٢ + م ك ٢٢ ، ض خ ١٠-٢٤ + م ك ٢٤) .

٤ - تختار القيمة الدنيا من حاصل الجمع وتكون هي المرونة الوقتية الكلية للنشاط تحت الدراسة (وفي حالة النشاط رقم (١٠) تكون ٤٠ و ٢٤ وصفر أي أن م ك ١٠ = صفراً .

٥ - تكرر الخطوات الثلاث الأخيرة لبقية الأنشطة حتى الانتهاء من كل أنشطة المشروع .

وتكون الأنشطة التالية حرجة (طالما أن المرونة الوقتية الكلية لها مساوية للمرونة الوقتية الكلية للنشاط الأخير أي مساوية للصفر) :

١ ، ٤ ، ١٠ ، ١٢ ، ٢٤ ، ٢٨ ، ٣٠ ، ٤٠ ، ٤٦ ، ٤٧

يوجد لهذا المشروع مساران حرجان ، أولاهما :

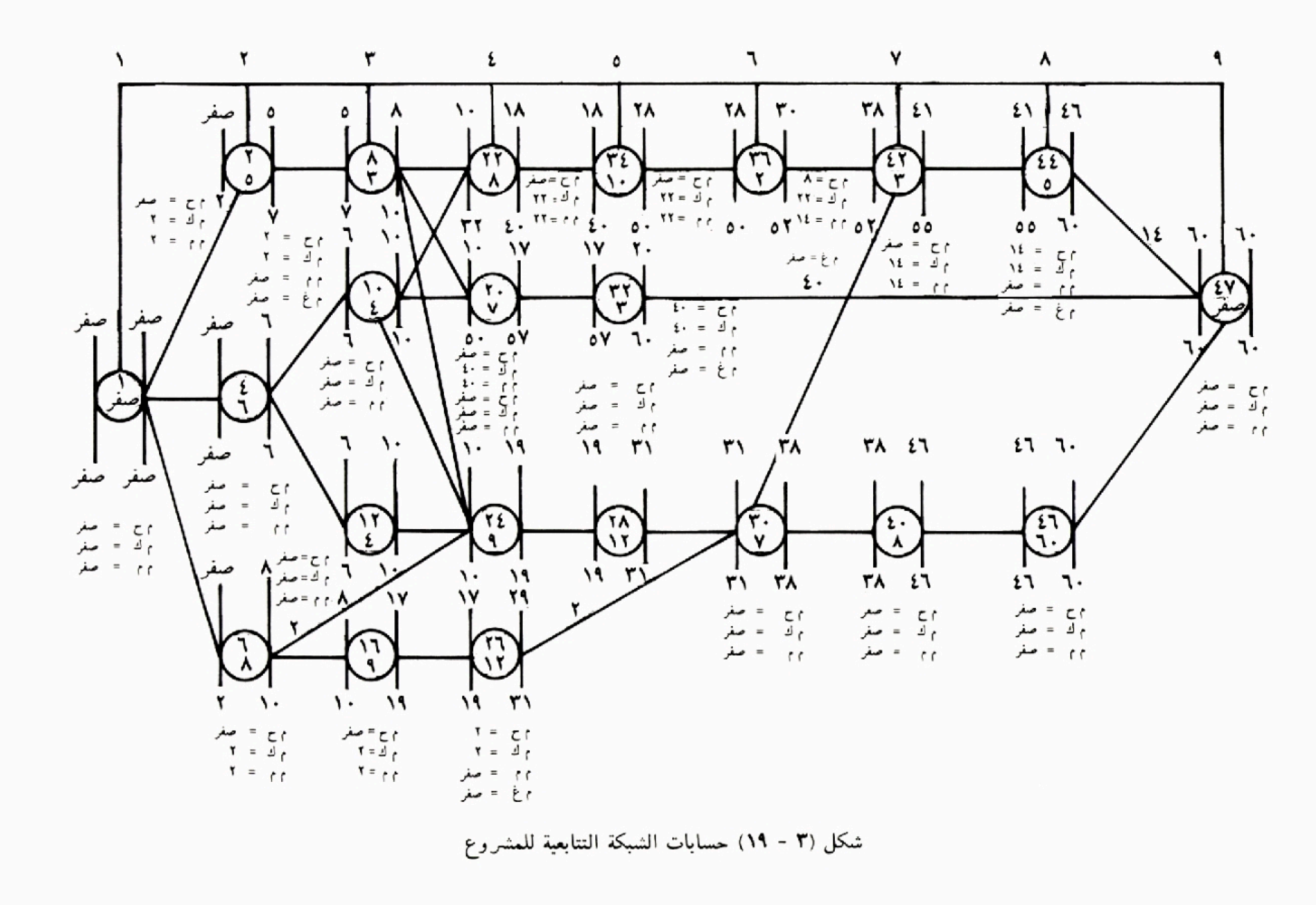
١ _ ٤ _ ١٠ _ ٢٤ _ ٢٨ _ ٣٠ _ ٤٠ _ ٤٦ _ ٤٧ المسار الحرج الأول

١ _ ٤ _ ١٢ _ ٢٤ _ ٢٨ _ ٣٠ _ ٤٠ _ ٤٦ _ ٤٧ المسار الحرج الثاني

وتكون مجموع أوقات الأنشطة الحرجة على المسار الواحد مساوية للوقت الكلي لانجاز المشروع . وتحسب المرونة الوقتية المتداخلة بالطريقة البسيطة وهي حاصل طرح المرونة الوقتية الحرة من المرونة الوقتية الكلية للنشاط كما هو موضح بجدول (٣ - ١٩) . كما تحسب المرونة الوقتية غير الاعتيادية للأنشطة التي يكون للمرونة الوقتية الحرة لها قيمة أكبر من الصفر ، أما بقية الأنشطة فتكون المرونة الوقتية غير الاعتيادية لها مساوية للصفر . وتكون حسابات المرونة الوقتية غير الاعتيادية بسيطة للغاية ، حيث ننظر إلى النشاط نفسه ، ونجد بجانبه إلى أسفل الأنشطة السابقة له . ثم تحسب من العلاقة التي سبق وأن استخدمت .

ويبقى الآن حساب الوقت الأخير للنشاط ويتم حسابه باستخدام الوقت الأول للنشاط مع المرونة الوقتية الكلية له ، حيث أن الوقت الأخير لبدء النشاط يساوي حاصل جمع الوقت الأول لبدئه والمرونة الوقتية الكلية له ، أما الوقت الأخير لانتهائه فيساوي حاصل جمع الوقت الأول لانتهائه والمرونة الوقتية الكلية له .

ويبين الشكل (٣ - ١٩) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع وقد تم حسابها بنفس الطريقة السابقة وعلى القارىء مراجعة الحساب بنفسه .



شكل (٣ - ١٩) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع

تمــارين

٣ - ١ يبين التالي تسلسل أنشطة مشروع ما . أرسم الشبكة السهمية له مع ترقيم النشاط وذلك بترقيم حدث البداية وحدث النهاية .

١ - يبدأ المشروع بالنشاطين (أ ، ب)
٢ - ينتهي المشروع بانتهاء النشاطين (م ، ل)
٣ - يبدأ النشاطان (ج ، د) بعد انتهاء النشاطين (أ ، ب)
٤ - لا يمكن البدء في النشاط (ص) إلا بعد الانتهاء من النشاط (ج) .
٥ - يعتمد النشاطان (هـ ، س) على النشاط (ب)
٦ - يبدأ النشاط (ع) بعد الانتهاء من النشاطين (د ، هـ)
٧ - لا يمكن البدء في النشاط (م) إلا بعد الانتهاء من النشاطين (ص ، ع)
٨ - لا يمكن البدء في النشاط (ل) إلا بعد الانتهاء من النشاط (س)

٣ - ٢ أرسم الشبكة التتابعية للمشروع المبين في التمرين (٣ - ١)

٣ - ٣ يبين التالي تسلسل أنشطة مشروع ما . المطلوب رسم الشبكة السهمية للمشروع مع ترقيم أحداث الشبكة . أكتب معلومات المشروع في جدول مبيناً فيه رقم حدثي النشاط ، رمز النشاط ، يعتمد على . أضف رموز الأنشطة اللاوقتية (مثل $ق_١$ ، $ق_٢$ ، . . .) .

١ - يمكن البدء في الأنشطة (أ ، ب ، ج) فوراً
٢ - يسلم المشروع بانتهاء الأنشطة (م ، ي ، هـ)
٣ - يبدأ النشاط (د) بانتهاء النشاط (أ)
٤ - يبدأ النشاط (س) بانتهاء الأنشطة (أ ، ب ، ج)
٥ - يبدأ النشاط (ص) بانتهاء النشاط (ح)
٦ - يعتمد بدء الأنشطة (ل ، م ، ن) على انتهاء النشاط (س)
٧ - لا تبدأ النشاط (ي) إلا بعد الانتهاء من النشاطين (ع ، ل)
٨ - لا تبدأ النشاط (هـ) إلا بعد الانتهاء من النشاطين (ن ، ك)
٩ - يبدأ النشاط (ع) مع انتهاء النشاطين (د ، س)
١٠- يبدأ النشاط (ك) مع انتهاء النشاطين (س ، ص)

٣ - ٤ ارسم الشبكة التتابعية للمشروع المبين في التمرين (٣ - ٣) .

٣ - ٥ يتضح من الباب الثالث أنه يمكن رسم شبكة المشروع بطريقتين هما الشبكة السهمية والشبكة التتابعية . تتم حسابات المشروع بأربعة طرق هي :

١ - الحسابات على الشبكة السهمية
٢ - الحسابات على جدول على أساس الشبكة السهمية

٣ - الحسابات على الشبكة التتابعية

٤ - الحسابات على جدول على أساس الشبكة التتابعية وتتكون الحسابات من :

١ - الأوقات الأربعة للنشاط .

٢ - الأربعة أنواع من المرونة الوقتية لكل نشاط

٣ - حساب ضلع التأخير في حالتي الشبكة التتابعية وجدولها

٤ - تحديد المسار الحرج .

ارسم الشبكة واحسب مستخدماً الطرق السابقة للمشروعات التالية والموضح عليها رمز النشاط واعتماديته ووقته .

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
أ	—	٣
ب	—	٦
ج	—	١٢
د	ب	٤
س	ج	٨
ص	أ	٢٢
ك	د ، ص	٧
ل	س	٦
م	ل	٥
ن	ك	١

تمرين (٣ - ٥ - ١)

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (أسبوع)
أ	—	١
ب	أ	٨
ج	أ	٦
د	ب	٣
س	ب ، ج	٥
ص	د	٢
ك	س	٦
ل	ص ، ك	٦
م	ك	٦
ن	ل ، م	٣

تمرين (٣ - ٥ - ٢)

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
أ	—	٣
ب	—	٦
ح	—	٢
د	أ	١٨
س	ب	٦
ص	أ ، ب ، ح	١٥
ل	ح	٤
م	ص	١٩

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
أ	—	١
ب	—	١٨
ج	ب	١٠
د	ب	١١
س	ب	١٢
ص	ح ، د ، س	١٦
ع	س	٧
ل	د ، س	٥

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
ن	ل	١١
ك	د ، س	٢٤
هـ	م ، ن	٥

تمرين (٣ - ٥ - ٣)

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
م	ص ، ع ، ل	٤
ن	ص ، ع ، ل	٩
ك	ص ، ع ، ل	١٢
هـ	ك	٤

تمرين (٣ - ٥ - ٤)

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
أ	—	٥
ب	أ	٢٨
ح	ب	٧
د	ب	٦
س	ح	٨
ص	ح	٤
ع	د ، ص	١٢
ل	ع	١٦
م	د ، ص	١٤
ن	ل ، م	٩
هـ	ن ، ع ع	٧
ي	ع	٥
أ أ	أ	٤٦
ب ب	أ أ	١٨
ح ح	أ أ	١٤
د د	ب ب	٢٦
س س	ب ب ، ح ح	٥
ص ص	س س	٣
ع ع	د د ، ص ص	٧
ل ل	هـ	٤
م م	س ، ي ، ل ل	٦
ن ن	س	٣

تمرين (٣ - ٥ - ٥)

حدث		وقت النشاط (ساعة)
البداية	النهاية	
١	٢	١٨
١	٣	١٥
١	٤	١٦
١	٥	٢٤
٢	٣	صفر
٢	٤	صفر
٢	٦	١٤
٣	٧	٥
٤	٦	٣
٥	١٦	١٠٨
٦	٩	٧
٧	٨	٩
٧	٩	١٢
٨	١٦	١١
٩	١٠	١٠
١٠	١١	٤
١١	١٢	٢٦
١١	١٣	٨
١٢	١٣	صفر
١٢	١٥	٢٠
١٣	١٤	٤
١٤	١٦	٧
١٥	١٦	١٢

تمرين (٣ - ٥ - ٦)

تمرين (٣ - ٥ - ٧)

حـــدث		وقت النشاط
البداية	النهاية	(ساعة)
١	٢	٢
٢	٣	١٢
٢	٤	١٦
٢	٧	٥
٣	٥	٨
٣	٨	٣
٤	٩	٤
٥	٦	١٢
٦	٨	صفر
٦	١٢	٥
٦	١٣	٦
٧	٨	صفر
٧	٩	صفر
٧	١١	٩

حـــدث		وقت النشاط
البداية	النهاية	(ساعة)
٨	١٧	٣
٩	١٠	١
١٠	١١	٥
١١	١٤	٤
١١	١٥	٣
١٢	١٣	صفر
١٢	١٧	صفر
١٣	٢١	٦
١٤	١٧	٢١
١٥	١٦	٤
١٦	١٨	٥
١٦	١٩	٣
١٧	١٩	صفر
١٧	٢١	٢
١٨	١٩	٢
١٩	٢٠	٣
٢٠	٢١	١

٣ - ٦ في التمرين (٣ - ٥ - ٤) بيّن تأثير زيادة وقت النشاط (د) من ١١ يوماً إلى ١٤ يوماً ، وكذلك وقت النشاط (ن) من تسعة أيام إلى ١٦ يوماً على وقت تسليم المشروع وعلى المرونة الوقتية لأنشطة المشروع .

٣ - ٧ في التمرين (٣ - ٥ - ٤) بيّن تأثير زيادة وقت النشاط (ب) من ١٨ يوماً إلى ٢٠ يوماً ، وزيادة وقت النشاط (ح) من عشرة أيام إلى ١١ يوماً وتقليل وقت النشاط (ن) من تسعة أيام إلى سبعة أيام على المسار الحرج للمشروع وبين التغير في المرونة الوقتية لأنشطة المشروع .

النشاط	النشاط التالي له	وقت النشاط (يوم)
أ	ج ، د	٧
ب	س ، ل	٩
ح	ص	٨
د	ع ، ص	٣
س	ع ، ص	٥
ص	م ، ن	١
ع	ن	٢
ل	ن ، ه	٤
م	—	٧
ن	و ، ي	٦
ه	—	٥
و	ك	٣
ي	ك ، ح	٢
ك	—	٥
ح	—	٤

تمرين (٣ - ٥ - ٨)

النشاط	النشاط التالي لـه	وقت النشاط (أسبوع)
أ	ب ، ج	١
ب	د ، س ، ص	١,٥
ح	ع ، ل	٢,٥
د	م	٣
س	م	٥
ص	م	٢
ع	ن	١
ل	ه	١,٥
م	ي	١,٥
ن	ي	٢
ه	و	١
ي	ب ب	٦
و	ب ب	٣
ح	أ أ	٢
أ أ	ح ح	١
ب ب	ح ح	١
ح ح	—	٠,٥

تمرين (٣- ٥ - ٩)

الباب الرابع

الجدولة الزمنية بطريقة تقويم ومراجعة البرنامج

٤ - ١ مقدمة

تستخدم كل من طريقة المسار الحرج وطريقة تقويم ومراجعة البرنامج ، الشبكة في التعبير عن تسلسل العمل . وتعتمد كلا الطريقتين على هذا النظام ، كما أن لكل منهما مسار حرج يتم حسابه والاهتمام بمتابعته . ويتوفر عامل المرونة الوقتية للأنشطة التي لا تقع على المسار الحرج في كلا الطريقتين .

فما هي أوجه اختلاف الطريقتين اذا ؟؟ ولماذا نحتاج إلى طريقتين متماثلتين إلى هذا الحد لبرمجة المشاريع الهندسية وتنفيذها ؟؟ وللإجابة على السؤال الأول نقول إن أهم أوجه اختلاف الطريقتين هو وجود عامل الشك والاحتمال في تقرير مدة تنفيذ الأنشطة في طريقة تقويم ومراجعة البرنامج ، بينما يوجد شيء من اليقين عند تقرير مدة تنفيذ الأنشطة في طريقة المسار الحرج . وللجواب على السؤال الثاني ، يجب أن نعود إلى الوقائع التاريخية التي أدت إلى تطوير الطريقتين ومن ثم استعمالها. لقد أشرنا بشيء من التفصيل في الباب الثاني إلى أن هاتين الطريقتين قد تم تطويرهما ، كل بصورة مستقلة عن الأخرى بل وتحت ظروف مختلفة عن الأخرى . ومع مرور الزمن واستعمال كل منهما ومعرفة الناس بهما اختفت ، أو على الأقل ضاقت أوجه الاختلاف بينهما . ومع ذلك كله فقد بقيت كل منهما تحتفظ بطابعها الخاص بها وتتركز على اتجاه أو أكثر بخلاف الأخرى وربما يرجع ذلك إلى اختلاف الغرض الذي أنشئت الطريقتان من أجله أصلاً وإلى نوعية المشاريع الهندسية التي يستخدم فيها كل منها . وقد أعطينا ايضاحا مفصلاً في الباب الثالث عن طريقة المسار الحرج كما شرحنا فلسفة تلك الطريقة وسبل استخدامها وسنحاول فيما يلي إعطاء القارىء فكرة عن طريقة تقويم ومراجعة البرنامج ولو بصورة مختصرة ومبسطة .

٤ - ٢ الشك والاحتمال

تم تطوير طريقة تقويم ومراجعة البرنامج لتستخدم في برامج التسليح المتقدمة وبرامج الفضاء

والصناعات الخاصة ببرامج الفضاء ، وخصوصاً برامج البحوث العلمية المتعلقة بتلك الصناعات . ويجب أن نتذكر دائماً أن تلك الصناعات جديدة نسبياً كما أن تقنيتها تتطور بسرعة كبيرة ومنتجاتها غير قياسية بعد . أي أنها تصنع من أجل غرض معين لا يتفق مع الغرض الذي من أجله صنعت أي منتجات أخرى تقريباً .

أما طريقة المسار الحرج فقد استخدمت منذ نشأتها في مشاريع التشييد والسبب في ذلك أن المنازل والجسور والطرق والسدود وغيرها من مشاريع التشييد تستعمل مواد ثابتة ذات خصائص معروفة منذ القدم . وبالتالي فإن التقنية المستعملة في هذه الصناعة تعتبر ذات طابع مستقر وثابت . ويكون الاختلاف بين مشروع وآخر من هذه المجموعة في تصميم الوحدات من حيث الحجم والشكل والترتيب بدلاً من تغيير مبدأ التصميم وفكرته من مشروع لآخر كما في حالة مشاريع الفضاء وبرامج التسليح .

تحتاج برامج الفضاء وبرامج تطوير أنظمة التسليح إلى تطوير كامل للمواد والتقنية ، وبالتالي فإن هذا النوع من المشاريع يتم التعاقد عليه ويخطط ويجدول له قبل حل مشكلة التقنية غير المتوفرة لبنائه .

وخلاصة القول أن هناك نسبة عالية من الشك في تطوير نظام معقد للتسليح أو برنامج جديد للفضاء ، مثل الشك فيما يتعلق بالوقت اللازم للبحث التطويري والتصميم الهندسي ، بل وفي الوقت اللازم للبناء بعد هذا وذاك . كما أن هناك شك في أنشطة معينة وأحياناً في الشكل الذي ستبدو عليه الوحدات المنتجة في النهاية . فليس هناك سوى القليل من الوقائع التاريخية التي يمكن الاستفادة منها في تقرير الوقت اللازم للأنشطة ومن ثم بناء شبكة للمشروع كله .

وانطلاقاً مما تقدم فإن طريقة تقويم ومراجعة البرنامج (برت) قد جاءت لتحسب لهذا الشك حسابه . فهي تفرض أن العلاقة بين الأنشطة المختلفة ، ومن ثم علاقتها بالشبكة هي أمور واضحة وثابتة ، بيد أنها تعطي شعوراً بالشك في تقدير الوقت اللازم لكل نشاط . فيعطى لكل نشاط من أنشطة المشروع بالإضافة إلى الوقت (الأكثر احتمالاً) لإكمال ذلك النشاط ، وقتاً آخر يأخذ مشكلة الشك بعين الاعتبار .

فيقوم الشخص الأكثر دراية بخفايا الموضوع والأكثر خبرة به وليكن مهندساً أو رئيساً للعمال أو حتى عاملاً بتقدير وقتين آخرين لإكمال ذلك النشاط أحدهما يسمى (التقدير المتشائم) . وهذا الوقت المتشائم هو أفضل تقدير ممكن لأطول مدة يمكن أن يستغرقها تنفيذ النشاط على افتراض أن سوء الطالع سيقابله في جميع خطواته . وهذا التقدير المتشائم لا يأخذ بعين الاعتبار العوامل الناتجة عن تأثير القوة القاهرة مثل الفيضانات والزلازل والحريق وغيرها من الكوارث غير العادية ، ولكنه يأخذ في الحسبان مشاكل التطوير والتصميم والتنفيذ التي يحتمل حدوثها في مثل هذه الحالات .

أما الوقت الثاني الذي يتم تقديره لتنفيذ النشاط فيسمى (التقدير المتفائل) . ويعني هذا التقدير المتفائل أقصر مدة يمكن أن يتم فيها تنفيذ النشاط اذا سارت الأمور على أحسن وجه وساعد الحظ على تنفيذ ذلك النشاط .

ويمكن للقارىء الكريم أن يستنتج بسهولة أن تلك التقديرات الثلاثة ليست سهلة الإعداد وتحتاج إلى الكثير من الخبرة والذكاء والقدرة على التنبؤ بالتوقعات الأقرب إلى الحدوث . ومع ذلك فإن تلك التقديرات مجتمعة تعطي معلومات قيمة عن مقدار الشك المتوقع في إنهاء نشاط معين . وهكذا فإنه في حالة وجود نشاط واضح المعالم قياسي الجوانب (من الناحية التقنية البحتة) فإن تلك التقديرات الثلاثة يجب أن لا تختلف كثيراً عن بعضها البعض .

ولكن كلما زادت نسبة الشك في نشاط معين كلما زاد التباعد بين تقديراته الزمنية الثلاث اللازمة لإكماله . وبناءاً عليه فإن الوقت الأكثر احتمالاً ليس بالضرورة أن يكون أفضل تخمين للوقت الذي يجب أن نتوقع أن يستغرقه النشاط . ولكن اذا كان الوقت (الأكثر احتمالاً) أقرب إلى (الوقت المتفائل) منه إلى (الوقت المتشائم) وإذا كان كلا التقديرين المتطرفين لهما تقريباً نفس إمكانية الحدوث ، فإن المعدل العام للتقدير الزمني أو (الوقت المتوقع) على المدى البعيد سوف يتأثر بصورة أكبر (بالوقت المتشائم) وسيكون أعلى في قيمته من الوقت (الأكثر احتمالاً) . وسنوضح ذلك فيما بعد .

٤ - ٣ الوقت المتوقع للأنشطة

في طريقة تقويم ومراجعة البرنامج يتم حساب (الوقت المتوقع) لإكمال نشاط ما كمعدل للتقديرات الثلاثة الآنفة الذكر . وبصورة خاصة فإن طريقة (برت) تفرض أن الوقتين المتشائم والمتفائل ($ت_ش$ ، $ت_ف$) على الترتيب لها نفس الاحتمال في الحدوث . كما تفرض الطريقة أيضاً أن الوقت (الأكثر احتمالاً) $ت_أ$ له أربعة أمثال احتمال حدوث أي من التقديرين الآخرين . وعندما نضع الوزن الملائم لكل من التقديرات الثلاثة بشكل رياضي فإننا نصل إلى العلاقة التالية [١] :

$$ت_م = \frac{ت_س + ٤\ ت_أ + ت_ف}{٦}$$

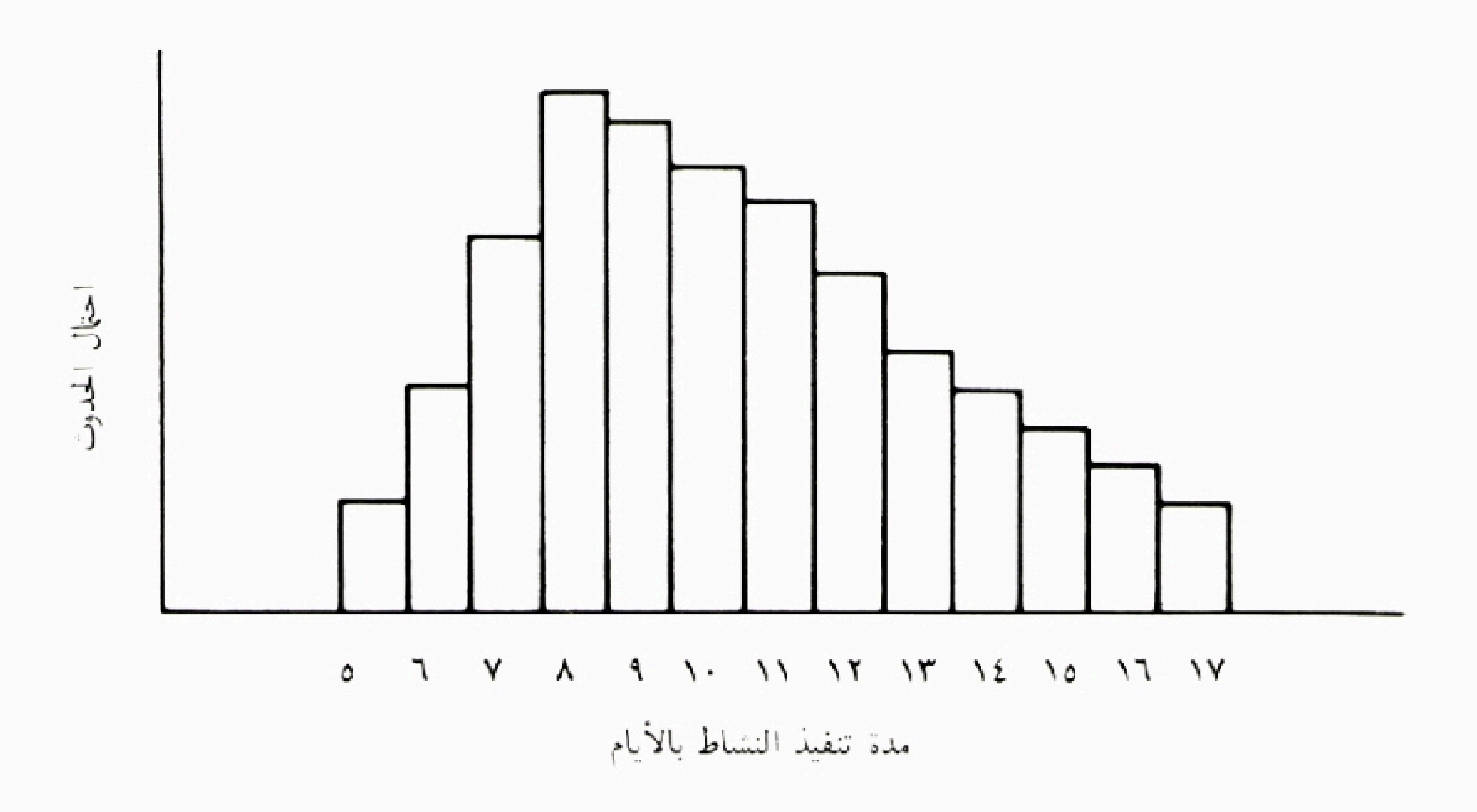
حيث أن $ت_م$ = الوقت المتوقع لإكمال النشاط .

والوقت المتوقع لإكمال النشاط هو ما نتوقع أن يستغرقه النشاط على شكل معدل عام فيما لو تم تكرار النشاط عدداً كبيراً من المرات . ولكننا نعلم أنه في معظم الأحيان التي تستخدم فيها طريقة تقويم ومراجعة البرنامج أن الأنشطة لا تتكرر أكثر من مرة ومع ذلك فإن ($ت_م$) لا تزال أفضل تخمين يمكننا أن نصل اليه لتقدير الوقت المتوقع لتنفيذ نشاط ما ويحدث مرة واحدة . ولتوضيح الفكرة أكثر سنورد مثالاً بسيطاً على ذلك . فلنفرض أننا سألنا أحد مهندسي التصميم وضع ثلاثة تقديرات زمنية لنشاط ما ، عبارة عن تصميم قطعة ميكانيكية لاستخدامها في مختبر هندسة الطرق . وبناءاً على خبرة المهندس في تصميم أشياء مماثلة يقرر أن أكثر الاحتمالات هو أن هذا

---

[١] Charles E. Clark, « The PERT Model for the Distribution of an Activity Time... »

النشاط يلزمه ٨ أيام لإتمامه . كما يفكر المهندس أيضاً في أنه بالإمكان إنجاز النشاط في مدة مقدارها ٥ أيام ، ولكن لو اعترضت سبيله بعض العقبات فربما يستغرق التصميم وقتاً قد يصل إلى ١٧ يوماً . وهنا قد أخفى المهندس في تقديره هذا (مع أن ذلك ربما كان واضحاً في ذهنه) ، عدداً كبيراً من التوقعات وأعطى لكل منها احتمالاً معيناً للحدوث . ومن المحتمل جداً أن توقعاته تلك لم تتجسم إلى فترة زمنية محددة ولكنها دارت بخلده فقط ، وبطريقة نسبية . ويمكن توضيح العبارة السابقة بيانياً بواسطة رسم يوضح توزيعاً للأزمنة المتوقعة، ويمثل كل منها قضيباً طوله يعبر عن القياس النسبي لاحتمال حدوثه ، كما هو موضح في شكل (٤ - ١) . ويتضح من الشكل أن



شكل (٤ - ١) توزيع أوقات التنفيذ المتوقعة للنشاط (تصميم قطعة ميكانيكية)

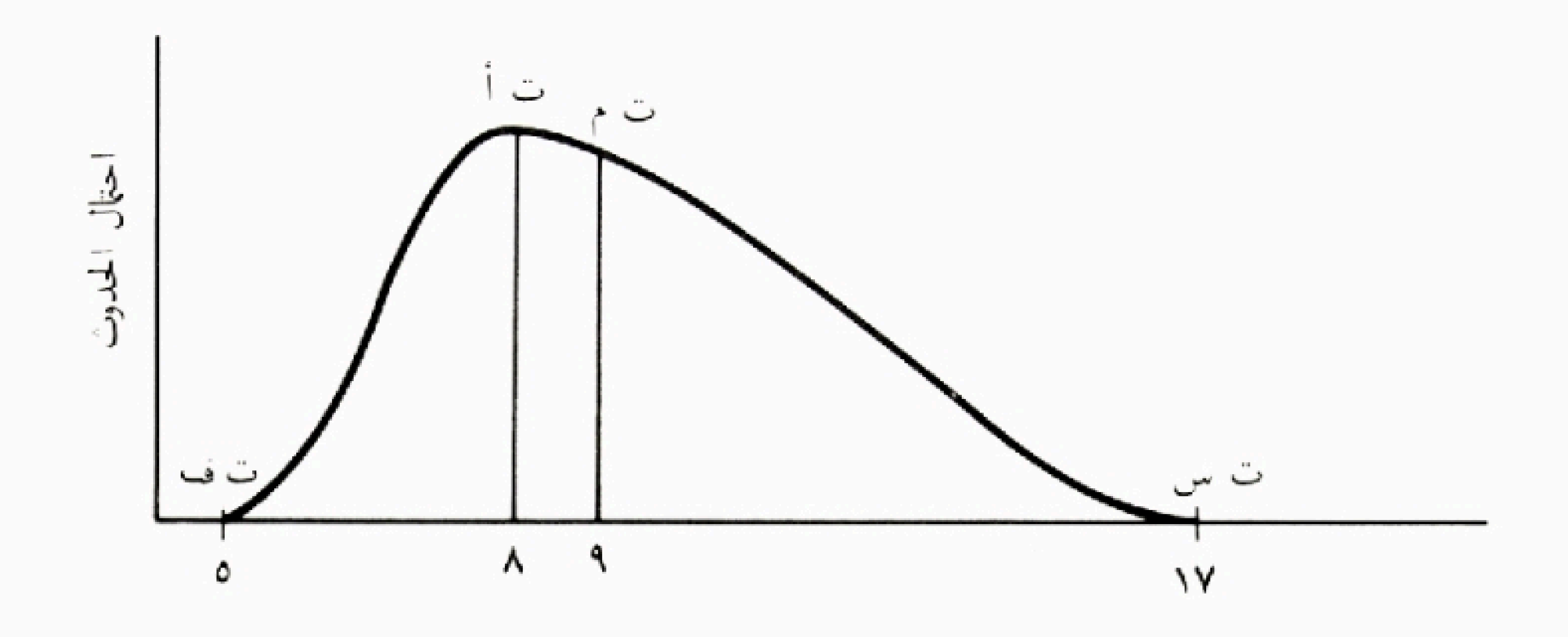
الثمانية أيام هي الأكثر احتمالاً بين التقديرات الثلاثة عشر . ويظل يضعف الاحتمال شيئاً فشيئاً على كلا الجانبين . ويمكن القول أن مدة التنفيذ أقل من ٥ أيام وأكثر من ١٧ يوماً ليست ذات احتمال قوي على الإطلاق . لقد رسمنا شكلاً يقارب ما يسميه أخصائيو الإحصاء (توزيع الاحتمال) ، أي توزيع قيّم الاحتمال على النتائج المتوقعة .

وكل ما علينا أن نفعله هو إعطاء قيم محددة أو احتمالات معينة لمقاييس توقعاتنا تلك . وقد اتفق الأخصائيون على أن تصبح قيم الاحتمال بين الصفر والواحد الصحيح ، وليس خارج ذلك النطاق . ومعنى ذلك أننا إذا قلنا إن حادثة معينة لها احتمال حدوث مقداره واحد ، فإن ذلك معناه أن وقوع تلك الحادثة أمراً مؤكداً . أما إذا كان احتمال وقوعها صفراً ، فمن التعريف نستنتج أن تلك الحادثة لن تحدث بصورة مؤكدة . وأيضاً فإن أي قيمة بين هاتين النهايتين تمثل احتمالاً يمكن حدوثه . وكلما قربت قيمة الاحتمال من الواحد الصحيح كلما زاد حظها في الحدوث .

وفي مثالنا السابق يمكن أن تكون مدة تنفيذ النشاط أي واحدة من القيم بين ٥ و ١٧ وحيث أن المدة التي نحن بصددها ستأخذ قيمة واحدة فقط من تلك القيم ، فإن قيم الاحتمال التي ستعطى لكل من تلك الفترات المحتملة يجب أن يكون مجموعها واحد . وهذا ينطبق على جميع

حالات توزيع الاحتمال . أي أن جملة الاحتمالات للنتائج المختلفة المتوقع حدوثها يجب أن يكون مساوياً للواحد الصحيح ، ولذلك فإن معظم حالات توزيع الاحتمال يتم تمثيلها بيانياً بواسطة منحنى مستمر بدلاً من القضبان التي رسمت في المثال السابق ، وذلك يعني أن هناك قيماً متوالية لكل منها ، وحيث أن مجموع هذه الاحتمالات يجب أن يكون مساوياً للواحد الصحيح مهما زاد عددها ، فإنه يمكن إثبات أن المساحة تحت المنحنى يجب أن تكون مساوية للواحد أيضاً .

ولنعد إلى مثالنا السابق مرة أخرى : يمكننا أن نقول إن النشاط الخاص بتصميم وإنتاج القطعة الميكانيكية لن يستغرق بالضرورة ثمانية أيام بالضبط ولا عشرة أيام ولا أربعة عشر يوماً ولا أي رقم صحيح آخر ، بل ربما يستغرق أي قيمة بين ٥ و ١٧ بما في ذلك الأعداد الكسرية . وهكذا فإن أفضل توزيع للاحتمال في هذه الحالة يجب أن يمثل بمنحنى كالذي نراه في شكل (٤ - ٢) .



شكل (٤ - ٢) التوزيع المستمر للاحتمال

ويمكن أن نرى على الشكل (٤ - ٢) الأوقات الثلاثة التي قدرها المهندس . ولو عرفنا شكل منحنى الاحتمال بشكل مؤكد لكان باستطاعتنا حساب معدل الزمن اللازم لتنفيذ النشاط بدقة ، ولكن رسم مثل تلك المنحنيات الدقيقة أمر يقارب المستحيل ، وبالتالي فلابد من استعمال التقريب . وعلى هذا يكون الوقت المتوقع لإنجاز النشاط هو ما يلي :

$$ت_م = \frac{ت_ف + ٤ ت_أ + ت_ش}{٦} = \frac{٥ + ٤ (٨) + ١٧}{٦} = ٩ \text{ أيام}$$

ولعل القارىء يلاحظ أن زيادة الوقت المتوقع عن الوقت الأكثر احتمالاً هو انعكاس طبيعي للقيمة المرتفعة جداً لقيمة الوقت المتشائم $ت_ش$. وتؤثر تلك القيمة المرتفعة على جذب المعدل أو مركز التوزيع إلى يمين القيمة العليا عند $ت_أ$.

٤ - ٤ تغير الوقت المتوقع للنشاط

لابد للمرء أن يتساءل : هل من المفيد أن نوجد طريقة دقيقة لحساب متوسط أو معدل الوقت اللازم لتنفيذ نشاط ما ؟ وإذا كان الجواب بالايجاب ، فما هو مدى القدرة على الاعتماد على مثل ذلك المعدل ؟ إذا كان الوقت اللازم لتنفيذ النشاط رقما متغيرا بصورة كبيرة (عندما يكون الفرق بين التقديرين المتطرفين كبيراً) ، فإننا عندئذ سنكون أقل ثقة بقيمة المعدل المحسوب ، بناءاً على هذا الأساس من الحالة التي يكون فيها مدى التقدير ضيقاً (التقديرين المتفائل والمتشائم) . ولإيضاح المقصود بالعبارة السابقة نأخذ مثالاً بسيطاً .

لنفرض أن الأوقات الثلاثة التي قدرها المهندس لإنجاز النشاط (تصميم وإنتاج القطعة الميكانيكية) هي ٨ ، ٩ ، ١٠ أيام للتقدير المتفائل ، والأكثر احتمالاً والمتشائم على الترتيب . فإن المعدل سيبقى ٩ أيام ، ولكننا في هذه المرة سنكون أكثر ثقة بهذا الرقم من الحالة الأولى عندما كان مدى التقديرات يتراوح بين ٥ و ١٧ يوماً .

وهكذا ، فإن زيادة مدى التقديرات أو اتساعها يعني زيادة في الشك ، وبالتالي تقل الثقة في قدرتنا على توقع الوقت الصحيح لتنفيذ النشاط بدقة . وبالتالي فإننا نحتاج إلى وسيلة نقيس بها تغير (تفاوت) الوقت المتوقع للنشاط . وإذا عرفنا هذا التغير ، استطعنا بعد ذلك تقويم مدى إمكانية الثقة في تقديرنا للوقت المتوقع للتنفيذ والذي حسب باستخدام التقديرات الثلاثة .

يعتبر التغير أو التفاوت (Variance) والانحراف القياسي (Standard Deviations) من مقاييس التشتت للتوزيع التكراري أو لتوزيع الاحتمال . ويستعمل الانحراف القياسي والتغير في علم الإحصاء لقياس التغير بين الأرقام . يعرف التفاوت لمجموعة من الأعداد على أنه حاصل جمع مربع الفرق بين العدد والمتوسط الحسابي لتلك الأعداد مقسوماً على عدد القراءات . فمثلاً متوسط الأعداد ٣ ، ٤ ، ٨ ، هو ٥ . ومربع الفروق بين نفس الأعداد ، هي $(-٢)^{٢}$ ، $(-١)^{٢}$ ، $(+٣)^{٢}$ أي ٤ ، ١ ، ٩ ، وعلى ذلك يكون التفاوت هو ١٤ ÷ ٣ = ٤,٦٧ . أما الانحراف القياسي فهو الجذر التربيعي للتفاوت أو التغير . ويحسب الانحراف القياسي بطريقة (برت) باستخدام علاقة خاصة قام بوصفها « Charles Clark » حيث توجد ثلاثة قيم فقط لوقت النشاط . ويمكن بناءاً على ذلك ، حساب الانحراف القياسي للوقت المتوقع $ت_{م}$ من العلاقة التالية : -

$$ن_{ق} = \frac{ت_{ش} - ت_{ف}}{٦} = \dots$$

حيث أن $ن_{ق}$ = الإنحراف القياسي .

ومعنى ذلك أن $ن_{ق}$ تساوي سدس الفرق بين التقديرين المتشائم والمتفائل لتنفيذ النشاط* . وهكذا فإن ارتفاع نسبة الشك يعني زيادة الفرق بين $ت_{ش}$ و $ت_{ف}$ ، كما يعني

* يلاحظ أنه قد استعمل التقريب في حسابات (برت) ، فاعتبرنا توزيع الاحتمال طبيعياً بينما هو توزيع بيتاً .

اتساع مجال التوزيع (أي انفراج المنحنى) . كما أن ارتفاع قيمة الانحراف القياسي يمثل ارتفاعاً في درجة الشك في وقت النشاط الفعلي . أي أن هناك احتمالاً قوياً بأن الوقت الحقيقي اللازم لإكمال تنفيذ النشاط سيختلف بدرجة ملحوظة عن الوقت المتوقع $ت_م$. وفي حالة القطعة الميكانيكية هو ٥ ، ١٧ وعلى هذا فإن الانحراف القياسي يمكن حسابه كما يلي :

$$ن_ق = \frac{ت_س - ت_ق}{٦} = \frac{١٧ - ٥}{٦} = ٢ \text{ يومين}$$

وبما أن الانحراف القياسي يساوي الجذر التربيعي للتفاوت (التغير) لذلك التوزيع ، فإن التفاوت في قيمة $ت_م$ في المثال السابق يمكن حسابه كما يلي :

$$ف = \left\{\frac{ت_س - ت_ف}{٦}\right\}^٢$$

حيث أن ف = التفاوت

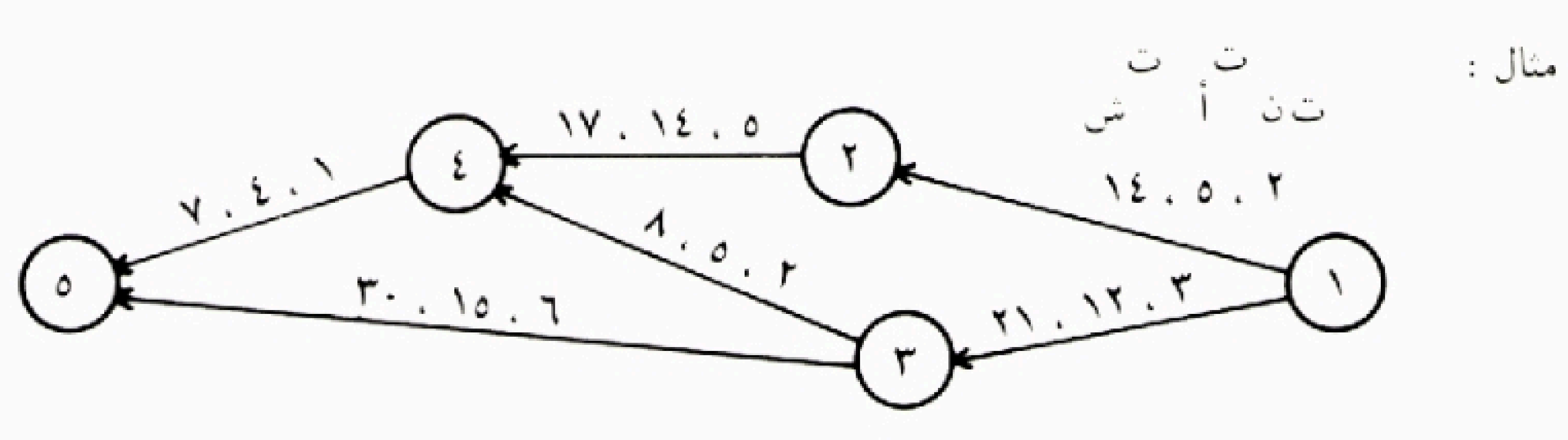
$$= \left\{\frac{١٧ - ٥}{٦}\right\}^٢ = ٤$$

٤ - ٥ الوقت المتوقع للمسار الحرج

إن طول الوقت المتوقع لإنهاء سلسلة من الأنشطة المستقلة والمتتابعة لا يعدو كونه مجموع الأوقات المتوقعة لإكمال تلك الأنشطة كل على حدة ، وذلك يعطينا وسيلة سهلة لتحديد المدة المتوقعة لإكمال تنفيذ المشروع كله . فما علينا إلا أن نحسب $ت_م$ لكل نشاط من أنشطة المشروع التي تحتوي عليها شبكة المشروع ، ثم نقوم بتعيين المسار الحرج بنفس الطريقة التي أوضحناها في الباب الثالث من هذا الكتاب . وأخيراً فإن الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع كله ($ت_ك$) يكون هو طول المسار الحرج ، أي مجموع الأوقات المتوقعة للأنشطة الواقعة على المسار الحرج . وبالمثل فإن التفاوت (التغير) لأوقات مجموعة من الأنشطة المستقلة المتتابعة يساوي مجموع قيم التفاوت لتلك الأنشطة . وحيث أن $ت_ك$ هي مجموع الأوقات المتوقعة $ت_م$ للأنشطة الواقعة على المسار الحرج ، فإن التفاوت أو التغير للمشروع كله يساوي مجموع قيم التفاوت في مدة تنفيذ الأنشطة الواقعة على المسار الحرج . وسوف نسمي ذلك المجموع $ف_ك$. ويتبع ذلك أن الانحراف القياسي للمشروع كله هو عبارة عن الجذر التربيعي لقيمة $ف_ك$ ، وسوف نرمز له بالرمز

($ن_{ك}$)* . ويمكن القول بأن كلا من التفاوت الكلي للمشروع أو انحرافه القياسي يمكن أن يعطينا إحساساً كافياً للشك الذي يحيط بالوقت المتوقع لتنفيذ المشروع كله . وكلما ارتفعت قيمة الانحراف القياسي للمشروع زاد احتمال اختلاف الوقت الحقيقي لتنفيذ المشروع عن المدة المتوقعة لذلك ($ت_{ك}$) .

وكما هو الحال بالنسبة للنشاط الواحد فإن الوقت المتوقع $ت_{ك}$ لتنفيذ المشروع هو أفضل تقدير يمكننا أن نتوقعه لإكمال المشروع كله فيما عدا حالات شاذة سنورد ذكرها فيما بعد . هذا ، وسنورد مثالاً سهلاً لإيضاح طريقة استخدام علاقات (برت) التي سبقت الإشارة اليها ، وسنحسب مدة تنفيذ المشروع المتوقعة والتفاوت والانحراف القياسي له وفق ما هو موضح بشكل (٤ - ٣) :



شكل (٤ - ٣) مثال لحسابات طريقة برت

في الشكل نلاحظ وجود ثلاثة أرقام فوق السهم الذي يمثل كل نشاط من أنشطة المشروع ، وتلك هي الأوقات المقدرة لتنفيذ ذلك النشاط أي $ت_{ف}$ ، $ت_{أ}$ ، $ت_{ش}$ على الترتيب . وقد اخترنا تلك الأرقام بالذات لتسهيل العمليات الحسابية وليس لتمثيل الحسابات الحقيقية بطريقة (برت) في الحياة العملية . فإذا استعملنا العلاقات السابقة الذكر للحصول على $ت_{م}$ ، ف ، $ن_{ق}$ توصلنا إلى النتائج التالية :

اسم النشاط	الوقت المتوقع	التفاوت	الانحراف القياسي
١ - ٢	٦	٤	٢
١ - ٣	١٢	٩	٣
٢ - ٤	١٣	٤	٢
٣ - ٤	٥	١	١
٤ - ٥	٤	١	١
٣ - ٥	١٦	١٦	٤

ويمكننا أن نلاحظ بمجرد النظر ، أن أطول مسار للأوقات المتوقعة عبر الشبكة (وبالتالي المسار الحرج للمشروع) يتكون من النشاطين ١ ـ ٣ ، ٣ ـ ٥ بطول قدره $ت_{ك}$ = ١٢ + ١٦ = ٢٨ .

* في حالة وجود أكثر من مسار حرج ، فإننا نختار المسار الذي يحتوي على تفاوت أكبر لنحسب منه $ف_{ك}$ ، $ن_{ك}$.

وبناءً عليه فإن التفاوت على طول المسار الحرج $ف_{ك}$ = ٩ + ١٦ = ٢٥ والذي يقابله انحراف قياسي $ن_{ك}$ قدره $\sqrt{٢٥}$ = ٥ . ويمكن للقارىء أن يثبت أن المسار الذي يلي المسار الحرج في طوله يتكون من الأنشطة ١ ـ ٢ ، ٢ ـ ٤ ، ٤ ـ ٥ بطول قدره ٢٣ وانحراف قياسي مقداره ٣ ، كما أن ذلك المسار يحتفظ بمرونة زمنية قدرها ٥ .

ويمكننا القول بناءاً على ما تقدم أن طريقة (برت) تختلف عن طريقة المسار الحرج بمحاولة الاعتراف بوجود شك ما في تقدير الوقت اللازم لتنفيذ الأنشطة .

كما توفر أيضاً طريقة (برت) وسائل لاختصار تلك التقديرات الثلاثة إلى وقت واحد ، ويسمى الوقت المتوقع لإكمال النشاط . ويستخدم هذا الوقت المتوقع لتحديد المسار الحرج ولإجراء الحسابات الأخرى التي سبق الإشارة اليها في الباب الثالث ـ مثل الوقت الأول والأخير لبدء النشاط ونهايته ومرونته الوقتية وهكذا .

ولكن الانحراف القياسي لوقت كل نشاط وللمشروع كله يوفر لنا أهم المعلومات الإضافية عن التفاوت في الأوقات المتوقعة للأنشطة المختلفة وكذا للمشروع كله . وعلى مدير المشروع أو الشخص الذي بيده صنع القرارات أن يحسب حساب ذلك التفاوت خلال مراحل المشروع المختلفة .

٤ - ٦ احتمال إكمال تنفيذ المشروع في وقت محدد

يحق للمرء أن يتساءل : كيف يمكن ترجمة قيمتي التفاوت والانحراف القياسي إلى مصطلحات إدارية ؟ أو بعبارة أخرى : على أي شيء تدل قيمة محددة للانحراف القياسي بالنسبة لتغير طول المشروع ؟ لقد أجبنا على هذين السؤالين إجابة معنوية : فقد قلنا إن ارتفاع قيمة الانحراف القياسي $ن_{ك}$ يعني ارتفاع نسبة احتمال التغير في المدة المتوقعة لإكمال المشروع .

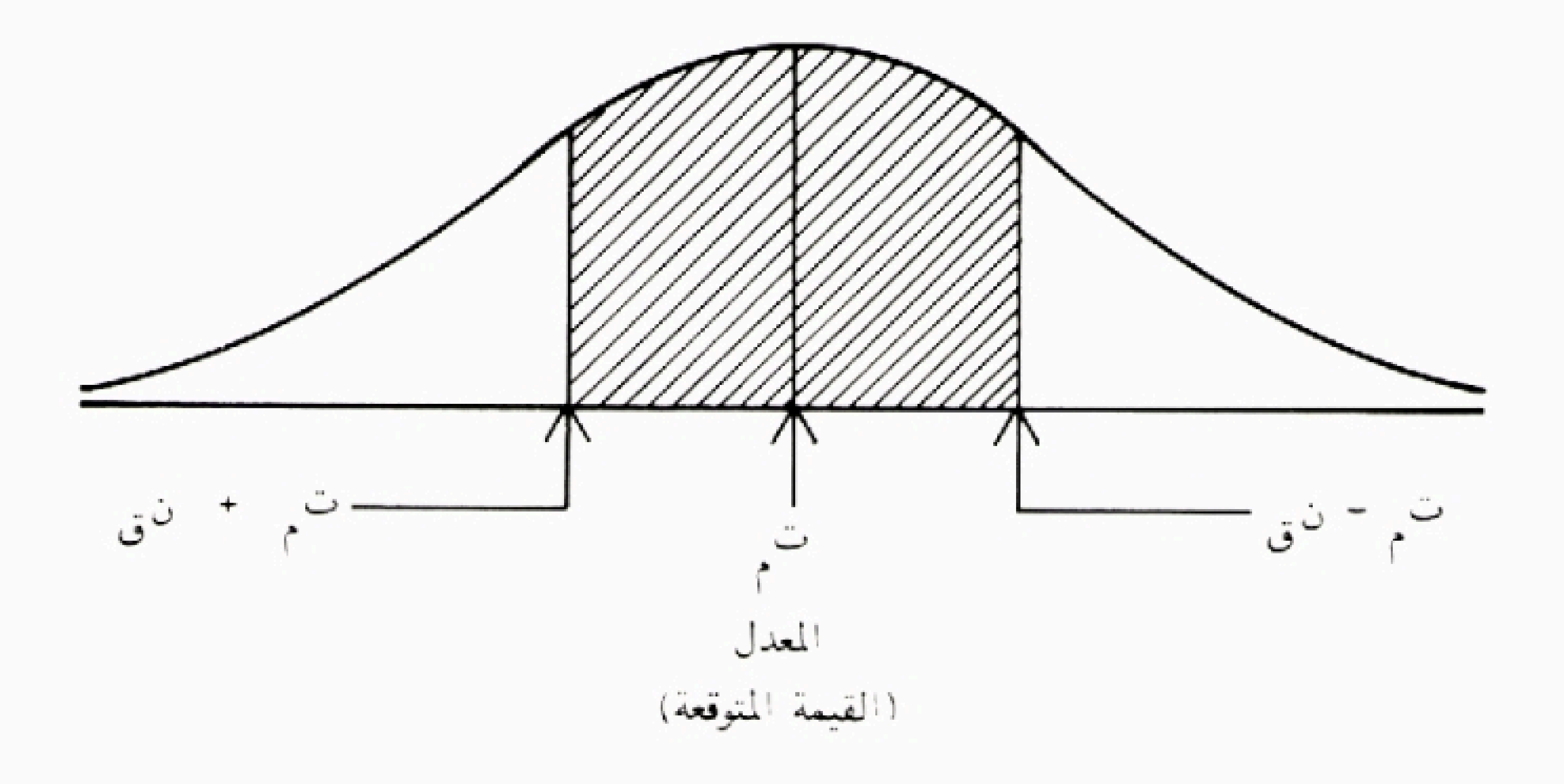
ولكن ما معنى قولنا أن المشروع ذو انحراف قياسي عالي ؟ هل يمكن أن نعطي تفسيراً عددياً أو رقمياً لهذه العبارة ؟ وهل يمكن أن نعطي قيمة محددة تمكن مدير المشروع من تقويم مقدار معين للانحراف القياسي لمشروع معين ؟

والجواب بالايجاب ، ولكن شرح إجابتنا القصيرة هذه يحتاج إلى استعمال بعض مبادىء نظرية الإحصاء للإيضاح .

لقد ذكرنا فيما سبق أن الوقت اللازم لتنفيذ نشاط ما هو أمر غير مؤكد ، فربما يأخذ أي قيمة من القيم المحصورة بين النهايتين . ويسمي الإحصائيون ذلك بالمتغير العشوائي « Random Variable » . فلا يمكن تحديد قيمته في لحظة معينة مؤكدة ، ولكن المعدل ، أو القيمة المتوقعة لحدوثها يمكن تخمينها على أساس الافتراض الخاص بالتوزيع الذي ينتمي اليه ، وأيضاً على أساس ثلاثة نقاط معلومة ضمن ذلك التوزيع ، والتي أسميناها الوقت المتفائل والوقت الأكثر احتمالاً والوقت المتشائم على الترتيب . ونظراً لأن الوقت المتوقع قد تم حسابه بواسطة الثلاثة أوقات للنشاط وحيث أن الثلاثة قيم متغير عشوائي فإن الوقت المتوقع يعتبر أيضاً متغيراً عشوائياً .

لقد قمنا بحساب المعدل أو الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع كله بواسطة إضافة قيم الأوقات المتوقعة للأنشطة الحرجة ، أي تلك الواقعة على طول المسار الحرج . تتبع مجموعة أنشطة المشروع التوزيع الطبيعي ويمكن القول بأن التوزيع الطبيعي هو توزيع متجانس على جانبي المعدل ، له قيمة عليا واحدة ، ويمكن وصفه بصورة كاملة بواسطة معدله وانحرافه القياسي . وهذا يعني أن أي توزيعين طبيعيين لهما نفس المعدل ونفس الانحراف متماثلان تماماً ، فليس هناك خاصية أخرى يمكن أن يختلفا فيها . وحيث أننا نعرف الكثير عن المنحنى الطبيعي ، فإنه يمكننا استنتاج الكثير من المعلومات ذات الأهمية القصوى لمدير المشروع عن طول مدة تنفيذ المشروع المتوقعة إذا عرفنا المدة المتوقعة للتنفيذ وانحرافه القياسي $ت_{ك}$ ، $ن_{ك}$ على الترتيب .

ومن المعروف أن ٦٨٪ من المساحة الواقعة تحت المنحنى الطبيعي يشملها انحراف قياسي واحد على جانبي المعدل كما يوضح ذلك الجزء المظلل من الشكل رقم (٤ - ٤) .



شكل (٤ - ٤) التوزيع الطبيعي للاحتمال

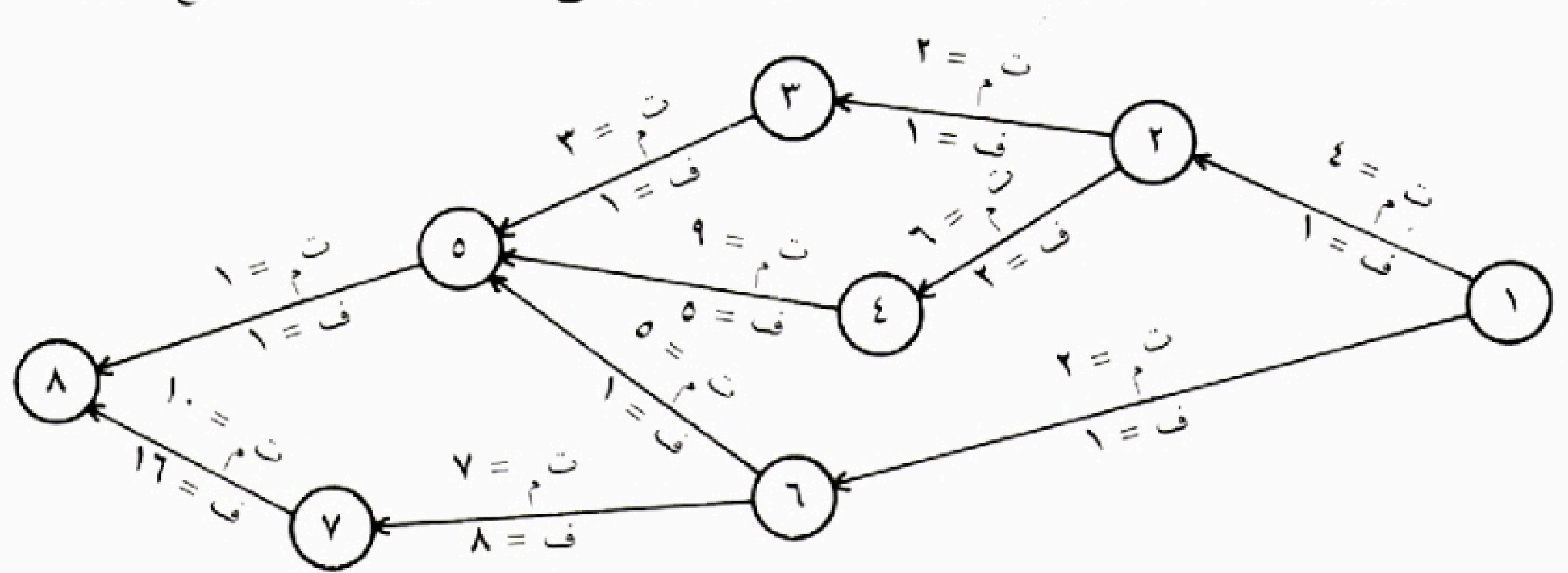
وحيث أن المساحة الواقعة تحت منحنى الاحتمال تمثل مباشرة قيمة الاحتمال ، فإنه يمكننا الوصول إلى الاستنتاج التالي :

المتغير العشوائي المسحوب من توزيع طبيعي له ٠,٦٨ من احتمال الوقوع في حدود انحراف قياسي واحد من معدل التوزيع وبالنسبة لمدة تنفيذ مشروع ما فإنه يمكن تفسير الاستنتاج بطريقة مماثلة : هناك ٦٨ في المائة من الاحتمال بأن الوقت الحقيقي لتنفيذ المشروع سيكون في حدود انحراف قياسي واحد $ن_{ك}$ من قيمة الوقت المتوقع للتنفيذ $ت_{ك}$. بل أن هناك احتمال أقوى (أكثر من ٩٥٪) بأن المدة الحقيقية لإكمال تنفيذ المشروع ستحدث في حدود انحرافين قياسيين اثنين على كل من جانبي المعدل ، كما أنه في حكم المؤكد (٩٩,٧٪) أن المدة الحقيقية لتنفيذ المشروع ستحدث في حدود ثلاثة انحرافات قياسية على كل من جانبي المعدل . وكل هذه الاستنتاجات الهامة مبنية على أساس أن المتغير العشوائي (مدة تنفيذ المشروع) حقيقية تتبع التوزيع الطبيعي ، وأن الأوقات المقدرة للأنشطة المختلفة غير منحازة (Unbiased) .

من الواضح جداً أننا وضعنا أداتين شرطيتين لصحة تلك الاستنتاجات ولكن مع ذلك فإنه حتى في حالة كون الفروض أعلاه لم تتحقق بشكل كامل ، فإن نتائج التحليل (إن لم تكن

دقيقة) تعطي على الأقل مدلولات مرشدة لمدير المشروع . ولتوضيح هذه النقطة ، نفرض أننا اتبعنا الحسابات والطرق التي سبق شرحها أعلاه بالنسبة لمشروعين مختلفين وكانت النتيجة أن الاحتمال المتوقع لإكمال أحد المشروعين في الوقت المحدد هو ٢٠٪ ، بينما كان الاحتمال المتوقع لإكمال المشروع الآخر في الوقت المحدد هو ٩٥٪ ، فإنه من المؤكد أن المسئول سيكون مهتماً أكثر بموضوع المشروع الأول عن المشروع الثاني ، ومن المحتمل جداً أن يتخذ اجراءاً معيناً لتصحيح وضع المشروع الأول وكذا وضعه في المسار الصحيح ، مع علمه بأن الأرقام الحقيقية المستعملة ليست دقيقة مائة في المائة .

وسنحاول فيما يلي ترسيخ الطريقة الموضحة أعلاه بصورة أقوى عن طريق حل مثال ، عبارة عن مشروع صغير يتكون من عشرة أنشطة فقط كما يوضح الشكل (٤ - ٥) مع ملاحظة أن



شكل (٤ - ٥) شبكة برت للمشروع

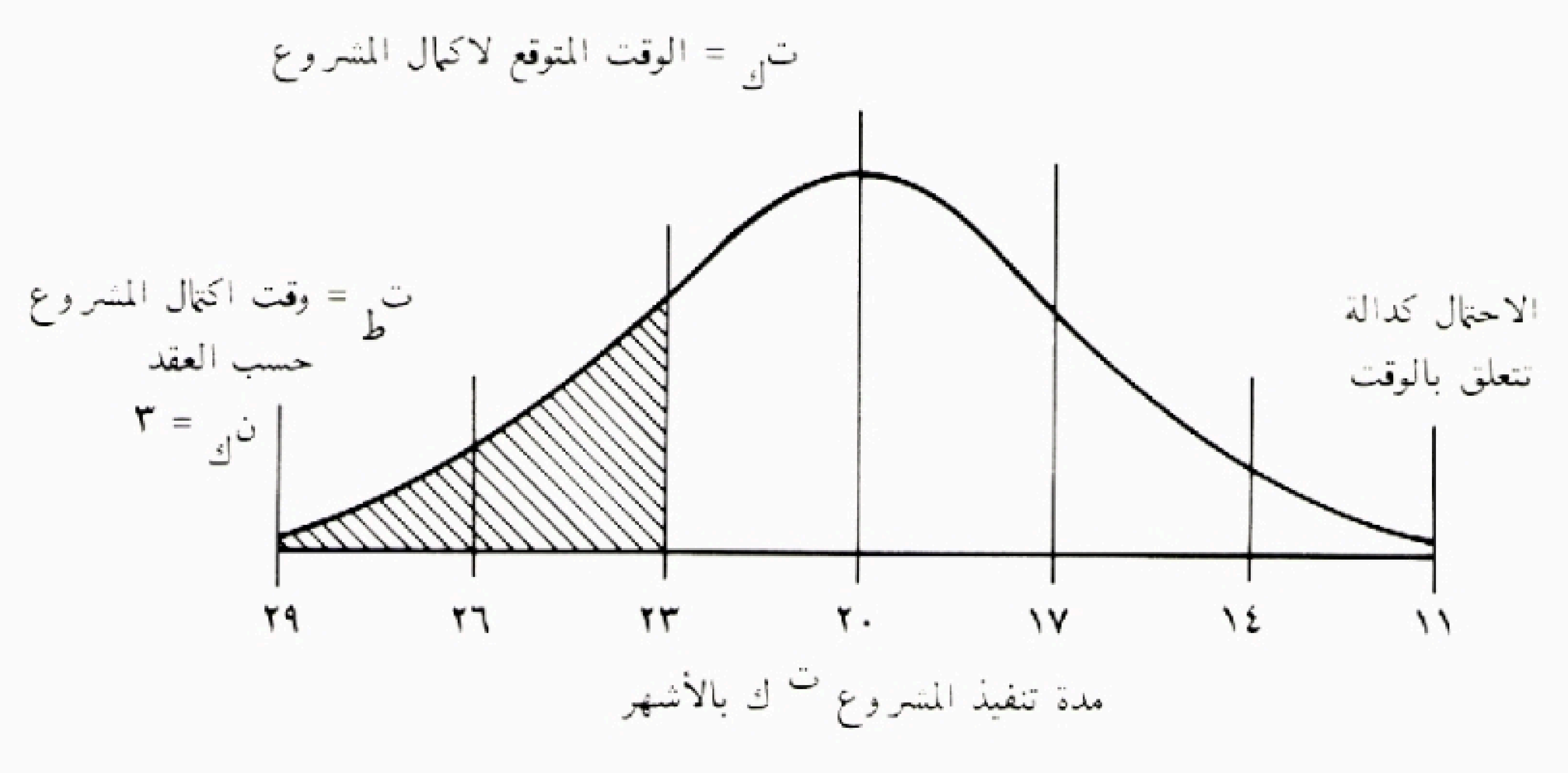
الوقت المتوقع لكل نشاط وتفاوته قد تم حسابه ووضعه على السهم الذي يمثل هذا النشاط والوقت المعطى بالشهر .

وهنا يمكننا بسهولة إثبات أن المسار الحرج يشمل الأنشطة ١ - ٢ ، ٢ - ٤ ، ٤ - ٥ ، ٥ - ٨ ، وأن طوله المتوقع $ت_{ك}$ هو ٢٠ شهراً . كما نجد أيضاً أن التفاوت $ف_{ك}$ عبر المسار الحرج ، وفق حسابات (برت) ، هو عبارة عن مجموع التفاوت للأنشطة الحرجة ، أي أن $ف_{ك}$ = ٩ ، والذي يقابله انحراف قياسي $ن_{ك}$ قدره ٣ أشهر .

وإذا فرضنا أن $ت_{ك}$ ذات توزيع طبيعي ، كما يوضح ذلك شكل (٤ - ٦) ، فإن هناك احتمال قدره ٠,٦٨ ان مدة تنفيذ المشروع ستكون في حدود انحراف قياسي واحد ، ومعنى ذلك أنه سيكون بين ١٧ و ٢٣ شهراً باحتمال قدره ٦٨ في المائة حيث أن ٦٨ بالمائة من المساحة تحت منحنى التوزيع تقع بين الخطين الرأسيين عند ١٧ ، ٢٣ شهراً . وبالمثل ، فإن احتمال تنفيذ المشروع لن يتعدى ٢٠ ± ٢ (٣) ، أو ١٤ إلى ٢٦ شهراً يزيد عن ٩٥ في المائة .

ويمكن للمرء أن يؤكد باحتمال ٩٩,٧٪ بأن المشروع لن ينفذ في أقل من ١١ شهراً أو في أكثر من تسعة وعشرين شهراً ، كما أن احتمال حدوث مدة التنفيذ في أي نقطة بين تلك النهايتين يمكن حسابه باستخدام جداول التوزيع الطبيعي والتي تعتبر قياسية وثابتة ويمكن الحصول عليها في معظم كتب الإحصاء .

ويمكن أن تستخدم نفس الطريقة للإجابة على سؤال مثل : ما هو احتمال إكمال المشروع في مدة معينة من الأشهر ؟ وبالرجوع إلى الشكل (٤ - ٦) نجد الإجابة على هذا التساؤل . ولنفرض مثلاً أن مدة إكمال المشروع بموجب العقد الموقع بين المالك والمقاول هو **٢٣** شهراً ابتداءاً من تسليم الموقع ويرمز لهذا الوقت $ت_ط$ فما هو احتمال استكمال الأعمال في الوقت المحدد ؟؟ ويمكن لتلك النتيجة أن تحدث إذا كانت المدة المتوقعة لتنفيذ المشروع تساوي أو أقل من **٢٣** شهراً ، حيث أن احتمال وقوعها يساوي المساحة تحت المنحنى إلى يمين الخط **٢٣** كما يوضح ذلك الجزء غير المظلل من شكل (٤ - ٦) .



شكل (٤ - ٦) توزيع فترات اكمال المشروع

ويمكننا باستخدام جداول التوزيع الطبيعي للاحتمال ايجاد الاحتمال المطلوب . وعلينا فقط أن نوجد عدد الانحرافات القياسية التي تفصل $ت_ك$ عن $ت_ط$ ، والتي تساوي تحويل القراءات لتوزيعها الطبيعي الخاص إلى قراءات التوزيع الطبيعي القياسي* .

وبما أن $ت_ك$ ، $ت_ط$ في مثالنا يفصل بينهما **٣** أشهر ، فإن الفرق يمثل انحرافاً قياسياً واحداً (لنتذكر أن $ن_ك$ = **٣**) . ويمكن وضع العبارة السابقة على شكل قانون رياضي :

$$ن_ن = \frac{ت_ط - ت_ك}{ن_ك}$$

حيث : $ن_ن$ = عدد الانحرافات القياسية التي تفصل بين $ت_ط$ و $ت_ك$.

ونلاحظ أن $ت_ط$ يمكن أن تكون أقل من $ت_ك$ وفي تلك الحالة فإن قيمة $ن_ن$ ستكون سالبة . ويمكن أن يستخرج أيضاً الاحتمال الذي أردنا معرفته من قبل بالاستعانة بالجدول رقم (٤ - ١) . والتي تم اختيارها من بين الأرقام التي تعرضها جداول التوزيع الطبيعي القياسي للاحتمال .

---

* التوزيع الطبيعي القياسي معدله صفراً وانحرافه القياسي يساوي الوحدة ويستخدم لإيجاد الاحتمالات لكل الحالات .

جدول (٤ - ١) قيم مختارة من جداول التوزيع الطبيعي القياسي

$ن_ن$	احتمال إكمال العمل في الوقت المحدد	$ن_ن$	احتمال إكمال العمل في الوقت المحدد
٣,٠	٠,٩٩٩	٠,٠	٠,٥٠٠
٢,٨	٠,٩٩٧	٠,٢-	٠,٤٢١
٢,٦	٠,٩٩٥	٠,٤-	٠,٣٤٥
٢,٤	٠,٩٩٢	٠,٦-	٠,٢٧٤
٢,٢	٠,٩٨٦	٠,٨-	٠,٢١٢
٢,٠	٠,٩٧٧	١,٠-	٠,١٥٩
١,٨	٠,٩٦٤	١,٢-	٠,١١٥
١,٦	٠,٩٤٥	١,٤-	٠,٠٨١
١,٤	٠,٩١٩	١,٦-	٠,٠٥٥
١,٢	٠,٨٨٥	١,٨-	٠,٠٣٦
١,٠	٠,٨٤١	٢,٠-	٠,٠٢٣
٠,٨	٠,٧٨٨	٢,٢-	٠,٠١٤
٠,٦	٠,٧٢٦	٢,٤-	٠,٠٠٨
٠,٤	٠,٦٦٥	٢,٦-	٠,٠٠٥
٠,٢	٠,٥٧٩	٢,٨-	٠,٠٠٣
		٣,٠-	٠,٠٠١

وفي مثالنا فإن $ن_ن$ = ١ وبالتالي فإن الاحتمال الذي أردنا معرفته يساوي ٠,٨٤ أي ٨٤٪ . ويمكن إضافة مثال جديد بافتراض أن :

مدة تنفيذ المشروع حسب العقد هي ١٧ شهرا ، وعليه فما هو احتمال إكمال المشروع في الوقت المحدد عندئذ ؟

$$ن_ن = \frac{ت_ط - ت_ك}{ن_ك} = \frac{١٧ - ٢٠}{٣} = -١,٠$$

والاحتمال المقابل لذلك هو ٠,١٦ أو ١٦ بالمائة .

٤ - ٧ تأثيرات وجود مسار قريب من الحرج

لقد أشرنا أعلاه إلى أن $ت_ك$ التي حصلنا عليها من إضافة قيم $ت_م$ لتلك الأنشطة الواقعة

على المسار الحرج ربما لا تكون دائماً هي أفضل تقدير لمدة تنفيذ المشروع . وسنحاول الآن إيضاح السبب وراء ذلك .

وقد يكون هناك (عبر مجموعة من الأوقات المتوقعة والتفاوت) مساراً قريباً من المسار الحرج في طوله الزمني ، ولكن بتفاوت أكبر من ذلك الخاص بالمسار الحرج نفسه ، فإذا حدث أن واجه تنفيذ أنشطة ذلك المسار (القريب من الحرج) سوء الطالع ، بينما صادف حسن الحظ تلك الأنشطة الواقعة على المسار الحرج نفسه ، فإنه من الممكن ـ بل من المحتمل جداً ـ أن يزيد إجمالي طول الأول على الأخير عملياً . أي أن يصبح المسار القريب من الحرج هو المسار الحرج الحقيقي .

وهكذا فإننا عندما نسلم بوجود الشك في تقديرنا لوقت تنفيذ الأنشطة نلاحظ احتمال حدوث مسار حرج مرادف أو بديل . وربما نكون مخطئين في تقديرنا للمدة الإجمالية المتوقعة لتنفيذ المشروع $ت_ك$ بإضافة الأوقات المتوقعة لتنفيذ أنشطة مسار حرج واحد . وكما أسلفنا من قبل يمكن لمسار آخر أن يكون حرجاً ، مما يؤثر حتماً على تقديرنا للمدة الكلية المتوقعة لتنفيذ المشروع ($ت_ك$) .

٤ - ٨ طرق أخرى لحساب مدة تنفيذ المشروع وتفاوته

رغبة في إيضاح ما أردنا قوله سنعود إلى مثالنا السابق والذي تحدثنا عنه في هذا الباب والذي يوضحه الشكل (٤ - ٥) ولنتذكر أولاً أن الطول المتوقع للمسار الحرج الذي حسبناه عندئذ كان ٢٠ شهراً وانحرافه القياسي الكلي $ن_ك$ = ٣ أشهر . ويمكننا القول تبعاً لطريقة (برت) العادية أن هناك احتمال قدره ٠,٨٤ لاكمال المشروع في ٢٣ شهراً (وهذا يعني انحرافاً قياسياً واحداً فوق المعدل) . ويعني ذلك في الواقع أن الأنشطة ذاتها الواقعة على المسار الحرج ، ستكتمل في ٢٣ شهراً . ونحن عادة نفرض أن المسارات الأخرى غير الحرجة يمكن إهمالها لأنها أقصر في تقديرنا من المسار الحرج ، وبالتالي فليس من المحتمل أن تؤثر على الوقت المطلوب لإكمال المشروع .

وإذا طالعنا بتمعن الأنشطة الواقعة على المسار ١ ـ ٦ ـ ٧ ـ ٨ ، نجد أن طولها يساوي ١٩ شهراً . أي أنها تقل شهراً واحداً فقط عن طول المسار الحرج ، بل وأهم من ذلك ، فإن إنحرافها القياسي يساوي ٥ أشهر أي أكثر بشهرين من الإنحراف القياسي للمسار الحرج . وإذا أخذنا هذا المسار ذو التسعة عشر شهراً لوجدنا أن احتمال إكماله في ٢٣ شهراً هو ٠,٧٩ فقط حيث أن : -

$$ن_ن = \frac{٢٣ - ١٩}{٥} = ٠,٨$$

أي أن طول الوقت المتوقع للمسار ١ ـ ٦ ـ ٧ ـ ٨ ينقص أربعة أشهر عن الوقت المطلوب وهو ٢٣ شهراً ، بينما ينقص الطول المتوقع للمسار الحرج ثلاثة أشهر عن الوقت المطلوب ذاته . وإذا قارنا الأطوال المتوقعة فقط مع الوقت المطلوب فإننا نرى أن المسار ١ ـ ٦ ـ ٧ ـ ٨ يتمتع

بمرونة وقتية أعلى من تلك المتوفرة للمسار الحرج . ولكن تؤثر زيادة التفاوت في تقدير الأوقات (سعة الاختلاف بين كل من التقدير المتفائل والتقدير المتشائم عن الوقت الأكثر احتمالاً) الخاصة بالمسار الأول ، وبالتالي زيادة انحرافه القياسي ، وبالتالي فإن احتمال تنفيذه في الوقت المطلوب أقل من احتمال المسار الحرج . وأهم من ذلك فإنه نظراً لوجوب إنجاز جميع أنشطة المشروع المسجلة قبل أن يكتمل المشروع بشكل متكامل ، فإن احتمال أن يكون كلا المسارين قد تحقق اكتماله في ٢٣ شهراً أو أقل ، هو ٠,٦٦ أي حاصل ضرب الاحتمالين الخاصين بالمسارين كل على حدة أو ٠,٨٤ × ٠,٧٩ = ٠,٦٦ (لقد فرضنا هنا - وبصورة رئيسية أن مدد تنفيذ الأنشطة لا تعتمد على بعضها البعض ، وكذلك فقد افترضنا أن تلك الأنشطة المتصلة بالمسارين المشار اليهما في صلب حديثنا أعلاه - ولكنها ليست جزءاً من تلك المسارين - لا تؤثر على مدد تنفيذ أنشطة المسارين (وهذا الافتراض لا يبعد كثيراً عن الحقيقة في مثالنا هذا).

وهكذا يمكن القول بأن طريقة (برت) العادية التي يعتمد فيها تقدير الوقت المتوقع تك والانحراف القياسي نك على مسار حرج واحد ، يمكن أن تبالغ في رفع احتمال إكمال مشروع معين في وقت محدد ، خصوصاً إذا كان هناك مسار أو أكثر موازياً للشبكة الرئيسية للمشروع وقريبة من الحرجة ، والتي لها تفاوت مرتفع إذا قيس بتفاوت المسار الحرج . وكلما زاد عدد تلك المسارات القريبة من الحرجة طولاً من طول المسار الحرج ، وزاد تفاوتها ، كلما زادت خطورة وأهمية الخطأ الذي قد نقع فيه في تعاملنا مع المسار الحرج وحده . ويمكن لمدير المشروع أن يظن أن احتمال إكماله للمشروع في الوقت المحدد عالياً بينما هو في الحقيقة منخفض .

ومن جهة أخرى فإنه عندما يكون هناك عدد كبير من التداخل بين تلك المسارات المتوازية ، أو عندما يكون الفرق بين طول المسار الحرج وطول أي مسار آخر كبيراً ، فإن الطريقة الاعتيادية لحسابات (برت) ستقود في النهاية إلى نتائج مرضية . يمكن الوصول ومن الناحية النظرية إلى علاقة رياضية للحصول على الوقت المتوقع لإكمال مشروع ما بواسطة التوزيع الإحصائي « Statistical Distribution » للأنشطة التي تتكون منها شبكة المشروع . ولكن مثل تلك العلاقة ستكون كثيرة التعقيد وتكون الحسابات اللازم إجراؤها كثيرة ومملة مما سيجعل اتباعها غير عملي وغير ممكن إلا لأصغر المشاريع حجماً وأسهلها توزيعاً إحصائياً .

٤ - ٩ تمثيل شبكة المشروع

يمكن القول بأن طريقة التمثيل « Simulation » لشبكة المشروع تعتبر من أسهل الطرق توجيهاً وإدارة باستخدام طريقة (مونت كارلو) التكنيكية لاختيار العينات فيمكن اختيار أوقات تنفيذ الأنشطة اختياراً عشوائياً وذلك لكل نشاط من أنشطة المشروع وأيضاً من توزيع إحصائي ملائم « Appropriate Frequency Distribution » وعندئذ يمكن حساب الوقت الكلي للمشروع ومعرفة المعلومات الخاصة بمسارة الحرج بالطريقة الاعتيادية المبينة على تلك الأوقات المختارة عشوائياً . ويتم إعادة الطريقة ذاتها مرات كثيرة جداً بواسطة الحاسب الآلي الذي يقوم برصد المعلومات

الخاصة بالمسار الحرج في كل حالة . وأخيراً فإنه يمكن حساب معدل طول مدة تنفيذ المشروع وانحرافه القياسي بالاستناد إلى المعلومات المتكررة . وهكذا فإن القيم الناتجة يجب أن تكون أقرب إلى الحقيقة ، وبالتالي يمكن الاعتماد عليها بصورة أكثر من الطريقة الاعتيادية ، حيث أنها تأخذ في الحسبان تأثير تلك المسارات القريبة من الحرجة والتي يمكن أن تكون حرجة في حقيقة الأمر اذا ما أخذت الأنشطة المكونة لها وقتاً أطول من الوقت المعتاد .

٤ - ١٠ معامل الحساسية أو الحرج

تعتبر طريقة التمثيل وسيلة مفيدة لقياس الحرج ، ويمكن الاحتفاظ بسجل لكل نشاط من أنشطة المشروع يمثل نسبة مرات التمثيل النوعي التي كان فيها النشاط حرجاً . فمثلاً إذا كان النشاط (أ) واقعاً على المسار الحرج ٣٠٠٠ مرة من أصل ١٠,٠٠٠ تمثيل نوعي فإنه يمكننا القول بأن (أ) له معامل حرج قدره ٠,٣٠ لهذا المشروع ويمكن لنشاط معين ألا يبدو وكأنه واقع على المسار الحرج إذا حسب بالطرق المعتادة ومع ذلك تظهر طريقة التمثيل أن هذا النشاط له حوالي ٠,٣٠ من احتمال الوقوع على المسار الحرج ، إذا كانت المعلومات التي بنيت عليها الحسابات دقيقة .

وهذا يعني أن الأنشطة ذات معامل الحرج العالي يجب أن تخضع لمراقبة واهتمام شديدين من قبل إدارة المشروع حيث أن هذه الأنشطة لها احتمال عال لتأخير المشروع ، كما أن الأنشطة التي لها معامل حرج متوسط تلفت الانتباه ، وسوف يكون هناك احتمال أقل لإهمال تلك الأنشطة عنه في الحالة التي يكون عندنا فيها مسار حرج واحد ، وبالتالي فإن الأنشطة تكون إما حرجة أو غير حرجة . وبالإضافة إلى ذلك يمكن حساب التوزيع الإحصائي لاحتمال المرونة الوقتية لكل نشاط من أنشطة المشروع . وبدلاً من وجود قيمة واحدة للمرونة الوقتية لتنفيذ النشاط فإن هناك عدداً كبيراً من قيم المرونة الناتجة من وجود احتمالات مدد مختلفة للتنفيذ لكل نشاط .

وهكذا فإن طريقة التمثيل تساعد على تحديد مفهوم الشك وعدم اليقين ليشمل المسار الحرج نفسه . أي أنه ليس هناك مسار واحد يمكن اعتباره حرجاً فحسب ، بل أنه يتم حساب احتمال وقوع كل نشاط على مسار حرج . وإذا كانت نظرية الإحتمال مفهومة لدى مدير المشروع فإن المعلومات التي توفرها حسابات التمثيل يجب أن تكون أكثر فائدة من تلك التي يمكن الحصول عليها باستعمال الطريقة التقليدية لحسابات (برت) .

٤ - ١١ الاتجاه الحدثي لطريقة (برت)

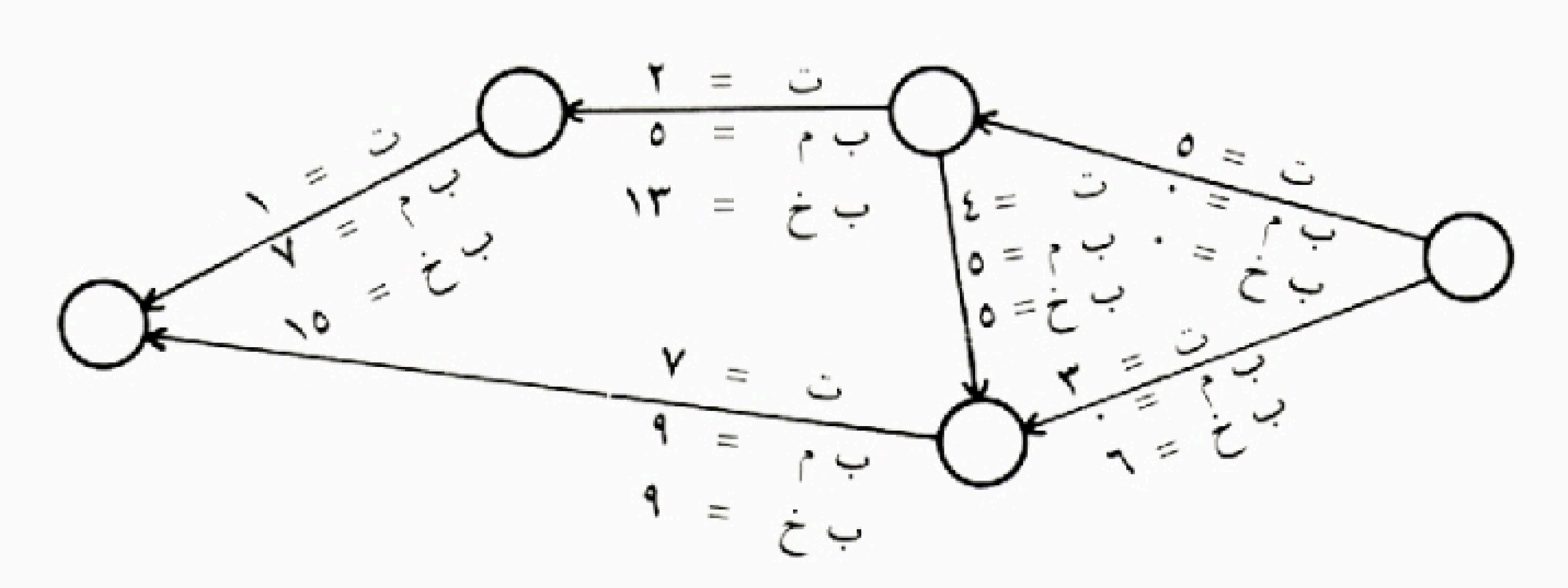
يركز بعض الكتاب على وجه آخر من وجوه الاختلاف بين طريقة تقويم ومراجعة البرنامج وطريقة المسار الحرج . فبينما تتركز طريقة المسار الحرج على النشاط ، نجد أن (برت) غالباً ما ترتكز على الحدث (أي على لحظة معينة ، مثل لحظة ابتداء نشاط أو انتهاء نشاط) . ويعني ذلك في الأساس أنه في حالة الشبكة المركزة على الأنشطة فإن الأسهم التي تمثل الأنشطة تسمى أو توصف بوصف للنشاط . بينما نجد أنه في حالة الشبكة المركزة على الحدث فإن مواضيع الإهتمام التي يجب

وصفها بطريقة ملائمة هي الأحداث . والنشاط (كما أسلفنا) هو جزء من مشروع يجب تنفيذه في وقت محدد ، ولكن الحدث هو لحظة زمنية محددة تمثل منعطفاً في طريق تنفيذ المشروع ، مثل بداية أو نهاية نشاط أو مجموعة من الأنشطة .

وهكذا فإن نشاط ما مثل تصميم نظام الدائرة التلفزيونية المغلقة في مبنى ، يمكن أن يظهر في شبكة (برت) بحدث ابتدائي إسمه (بداية تصميم نظام الدائرة المغلقة) . أما حدث الانتهاء من هذا النشاط فيمكن أن يسمى (نهاية تصميم نظام الدائرة المغلقة) أو (بداية اختبار نظام الدائرة المغلقة) ، إذا كان النشاط التالي يشمل عمل اختبار لذلك النظام . ويعتبر التركيز على الحدث في طريقة (برت) ذو جذور تاريخية لمعالم نشأة الطريقة والغرض الذي أحدثت من أجله والذي يعتمد على طريقة المعالم التاريخية في إدارة الأعمال ، والتي بواسطتها يقاس تقدم المشروع بالنجاح أو الفشل في الوصول إلى معالم تاريخية مهمة ، وتتم جدولتها لتحدث عند نقطة زمنية معينة .

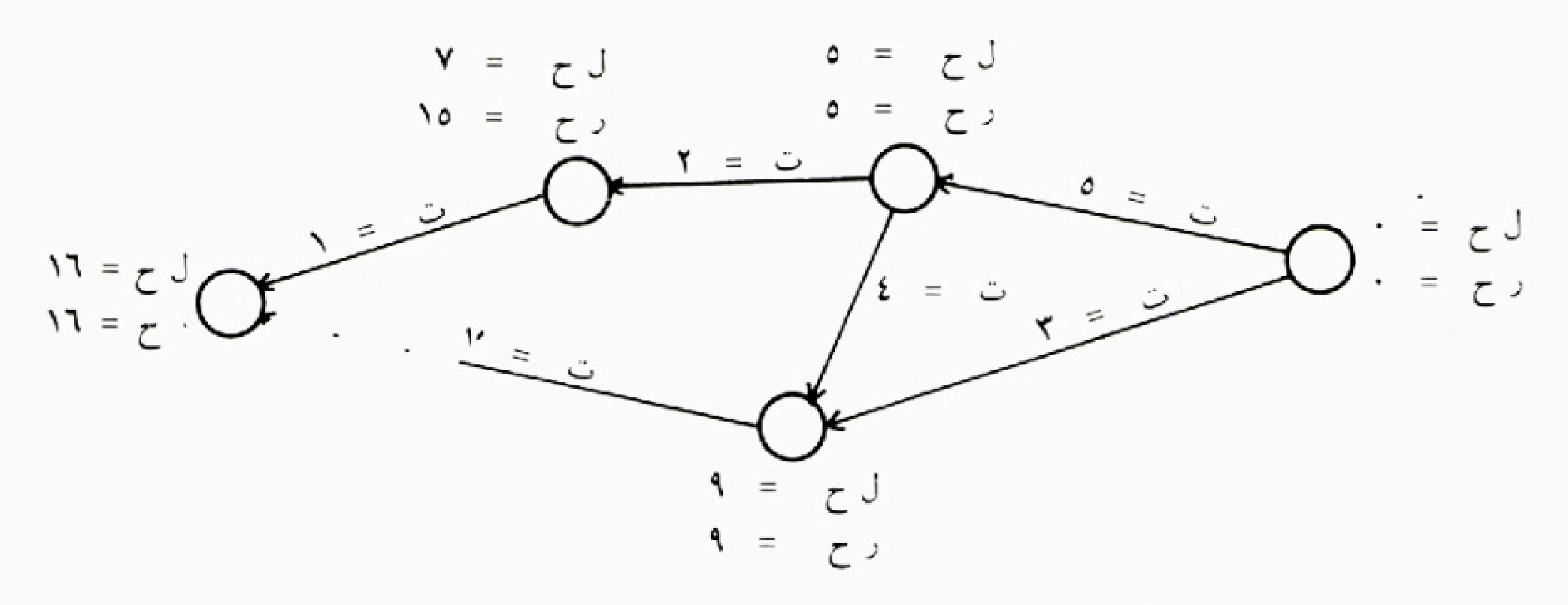
أما الشبكة السهمية ذاتها فليس فيها ما يتأثر بالاتجاه الحدثي هذا ، حيث أن الأسهم ونقط اتصالاتها الدائرية التي أسميناها أحداث ، وأيضاً نظام اتصال الأنشطة وعلاقتها ببعضها ، ستنتج من جدولة المشروع سواءاً كانت تلك الجدولة تعتمد على الاتجاه الحدثي أو النشاطي . وفي الحقيقة فإن كلاً من الأنشطة والأحداث يمكن تسميتها إذا رغبنا في ذلك . ويبدو أن الاتجاه العام هو أن تطلق الأسماء على الأنشطة ، حيث أن الأنشطة نفسها هي التي يهتم بها المهندسون ومدراء المشاريع . فالمهندسون يصممون الأنشطة وليس الأحداث .

وعندما يحدث تأخير للمشروع ، فإن إدارة المشروع توجه اهتمامها إلى الأنشطة الحرجة . وبالمثل فإن حسابات الشبكة السهمية يمكن أن تكون ذات اتجاه حدثي أو نشاطي . وفي حالة الأخيرة فإن الحسابات الزمنية تتركز على الأنشطة كما هو واضح من الشبكة الموضحة على شكل (٤ - ٧) .



شكل (٤ - ٧) حسابات الشبكة التتابعية ذات الاتجاه النشاطي

أما الحسابات فتتبع الطريقة التي سبق شرحها في الباب الثالث من هذا الكتاب . فيتم تسجيل وقتي البدء الأول والأخير لكل نشاط ، ويمكن الحصول على أوقات الأحداث عليها من أوقات الأنشطة : فنحن نعلم أن الوقت الأول لوقوع حدث معين (ل ح) هو نفسه الوقت الأكبر (و ل ن) لإكمال النشاط السابق للحدث ، بينما الوقت الأخير لوقوع نفس الحدث (ر ح) هو نفسه الوقت المبكرة (و ل ب) لبدء أي نشاط لاحق .



شكل (٤ - ٨) حسابات الشبكة التتابعية ذات الاتجاه الحدثي

ويوضح شكل (٤ - ٨) الحسابات ذات الإتجاه الحدثي لنفس الشبكة ، وحيث أن وقوع الحدث لا يستهلك وقتاً في حد ذاته فإننا لا نحسب وقتاً للبداية أو النهاية ولكن نحسب فقط وقت الحدوث والذي يمكن أن يكون مبكراً أو متأخراً .

ويمكن استنتاج أوقات تنفيذ الأنشطة مباشرة من أوقات وقوع الأحداث ، فإن الوقت الأول لبدء نشاط ما يساوي (ل ح) الوقت الأول لحدث البداية ، كما أن الوقت الأخير لإكماله يساوي الوقت الأخير لحدث النهاية ويمكن حساب الوقت الأول لانتهاء النشاط وكذلك الوقت الأخير لبدء النشاط بنفس الطريقة التي اتبعت بالباب الثالث .

٤ - ١٢ فروض (برت) (طريقة تقويم ومراجعة البرنامج)

يعترض كثير من الكتاب والمفكرين على الفروض التي بنيت عليها طريقة (برت) ، ويعتبر بعضاً من انتقاداتهم ذو طابع تقني ، فمثلاً : هل صحيح أن التوزيع الإحصائي لأوقات الأنشطة يتبع دالة (بيتا) المألوفة ، ولو سلمنا بأن الافتراض السابق في محله : فهل الطريقة المبسطة لحسابات الوقت المتوقع للتنفيذ والانحراف القياسي وأمثالها تقودنا إلى خطأ ؟ لقد استنتج (ماكريمون ورفيك) في بحث تحليلي لفروض (برت) أنه في بعض الحالات الشاذة فإن في العلاقات البسيطة السابقة لحساب الوقت المتوقع قد تصل نسبة الخطأ فيها إلى ٣٣٪ فإذا كان التوزيع الإحصائي حسب نظام (بيتا) غير ملائم لوصف التوزيع الإحصائي الحقيقي لأوقات الأنشطة (ولا يستبعد ذلك) فإن نسبة الخطأ سوف تتزايد أكثر فأكثر . ومن جهة أخرى فإنه نظراً لأن هذه الأخطاء ربما كانت سالبة أو موجبة فإن هناك الكثير من الفرص لتلغي تلك الأخطاء بعضها البعض عندما تجمع الأنشطة في شبكة واحدة .

وهناك افتراض مهم آخر . وهو أن الأنشطة مستقلة تماماً عن بعضها البعض ، أي أن الوقت اللازم لإكمال نشاط ما ليس له تأثير على إكمال الأنشطة التالية أو أي أنشطة أخرى داخل الشبكة التي تمثل المشروع . ويبدو للوهلة الأولى أن هذا الفرض معقول حيث أن الأنشطة المختلفة ـ من واقع تعريف النشاط ـ هي أجزاء مستقلة من المشروع ، ولكن في الحقيقة غالباً

ما تعتمد الأنشطة على بعضها البعض . فإذا استغرق نشاط ما وقتاً أطول مما حدد له (خصوصاً اذا كان واقعاً على المسار الحرج) فإن إدارة المشروع ستفعل كل ما في وسعها لتقصير فترة تنفيذ الأنشطة التالية لذلك النشاط المتأخر . وبهذه الطريقة غير المباشرة فإن الزمن اللازم لتنفيذ أحد الأنشطة يمكن أن يؤثر على الزمن اللازم لتنفيذ نشاط آخر .

وكذا فإن توفر المصادر (من عمال ومواد وآليات) يمكن أن ينتج عنه اعتماد بعض الأنشطة على البعض الآخر . فمثلاً إذا كان لدينا نشاطين متوازيين في شبكة واحدة يتطلبان استخدام نفس المصدر من الاحتياطات ، فإنهما ربما استغرقا وقتاً أطول مما قدر لهما ، وذلك إذا تمت جدولتهما في نفس الفترة .

وهناك العلاقة التقنية بين الأنشطة والتي تعتبر سبباً آخر لاعتماد الأنشطة على بعضها . وهذا الإعتماد يفترض أن يتضح عن طريق اتصال الأنشطة ببعضها في الشبكة ، ولكنه ليس من الممكن أو المرغوب فيه أن توضح كل تلك العلاقات على الشبكة ذاتها ، خصوصاً إذا احتوت الشبكة على الأنشطة الرئيسية فقط ، والتي يتضمن كل منها عدداً كبيراً من الأنشطة الصغيرة .

وبسبب ما أسلفناها وغيرها مما هو أقل أهمية فإن الوقت المتوقع لإكمال المشروع والتفاوت المقابل لذلك يمكن أن يحتوي على بعض الخطأ ، وخصوصاً التفاوت . وسوف ينتج عن المصدر الأول للاعتماد أعلاه (تأثير النشاط على الأنشطة التي تليه) تخفيض في التفاوت الحقيقي للمشروع بالمقارنة بالقيمة المحسوبة .

أما السببين الآخرين لاعتماد الأنشطة على بعضها البعض فمن المتوقع أن ينتج عنها تغير أكبر في مدة تنفيذ المشروع . وربما تمكن مدير المشروع الذي يعي هذه التأثيرات ، ويلم بدقائق ظروف المشروع ، من تقدير التأثير الكلي لهذه المؤثرات على إجمالي مدة تنفيذ المشروع .
ومع ذلك فإن هذه الأمور تشكل نقاط ضعف في فروض (برت) . وهناك انتقادات أخرى لنظام (برت) جاءت هذه المرة من الذين يمارسون المهنة في الميدان والذين يدعون عدم استطاعتهم تطبيقها في الحياة العملية .

٤ - ١٣ مثـال

يمثل جدول (٤ - ٢) البيانات الخاصة عن أنشطة مشروع ما . المطلوب :

١ - حساب الوقت الأول والأخير لأنشطة المشروع .
٢ - تحديد المسار الحرج ، والوقت المتوقع لتنفيذ المشروع والانحراف القياسي للمشروع .
٣ - حساب احتمال الانتهاء من المشروع في مدة **٣٧** يوماً أو أقل .
٤ - حساب احتمال الانتهاء من الحدث رقم (٩) في مدة تساوي أو تقل عن عشرين يوماً.

يبين جدول (٤ - ٣) حساب (برت) للمشروع . يتضح من الحسابات أن المسار الحرج هو ١ ـ ٤ ـ ٥ ـ ٨ ـ ١٠ ، والوقت المتوقع لتنفيذ المشروع هو **٣١,٥** يوماً .

الانحراف القياسي للمشروع = $\sqrt{٥,٤٤ + ٥ + ٢,٢ + ١٠,ـ}$ = **٤,٧٥٨** يوم

جدول (٤ - ٢) قائمة الأنشطة

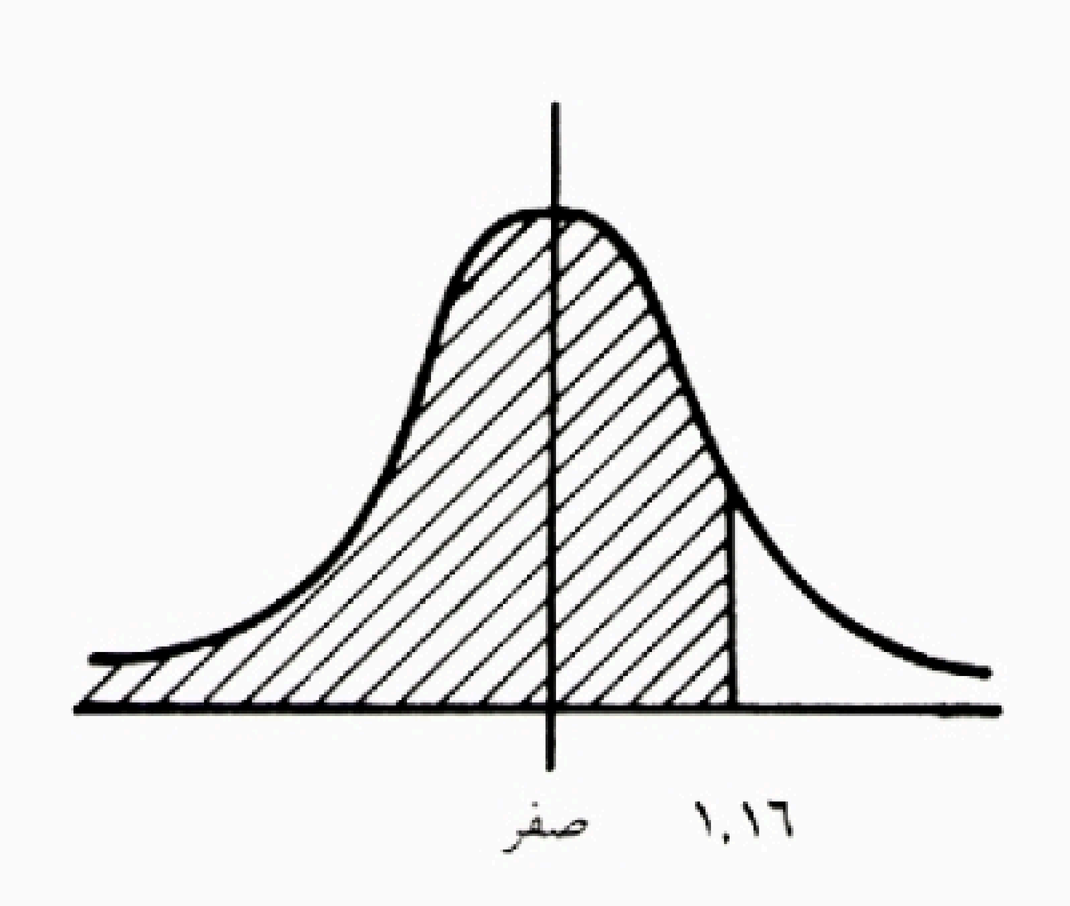
حــدث		وقت النشـاط (يوم)		
البداية	النهاية	المتفائل ($ت_{ف}$)	الأكثر احتمالاً ($ت_{م}$)	المتشائم ($ت_{ش}$)
١	٢	٣	٦	١٢
١	٣	٤	٦	٩
١	٤	٦	١٥	٢٠
٢	٣	٠	٠	٠
٢	٤	١	٢	٥
٢	٥	٣	٥	١٠
٣	٦	٣	٨	١٠
٤	٥	٢	٥	٨
٤	٧	٣	٤	٦
٥	٨	١	٢	٤
٦	٨	١	٢	٤
٦	٩	٤	١٠	١٥
٧	١٠	٢	٤	٨
٨	١٠	٥	١٠	١٥
٩	١٠	٣	٥	١٠

لحساب احتمال انتهاء المشروع في **٣٧** يوماً أو أقل ، نحول هذه المدة إلى نسبة من الانحراف القياسي (أي إلى التوزيع الطبيعي النمطي) .

$$ن_{ن} = \frac{ت_{ط} - ت_{ك}}{ن_{ك}}$$

$$= \frac{٣٧ - ٣١,٥}{٤,٧٥٨} = ١,١٦$$

الاحتمال = ٠,٨٧٧٠



حساب احتمال الانتهاء من الحدث (٩) في مدة تساوي أو تقل عن عشرين .

$ت_{ك}$ للحدث رقم (٩) = ٢٣,٨

جدول (٤ - ٣) حسابات شبكة (برت)

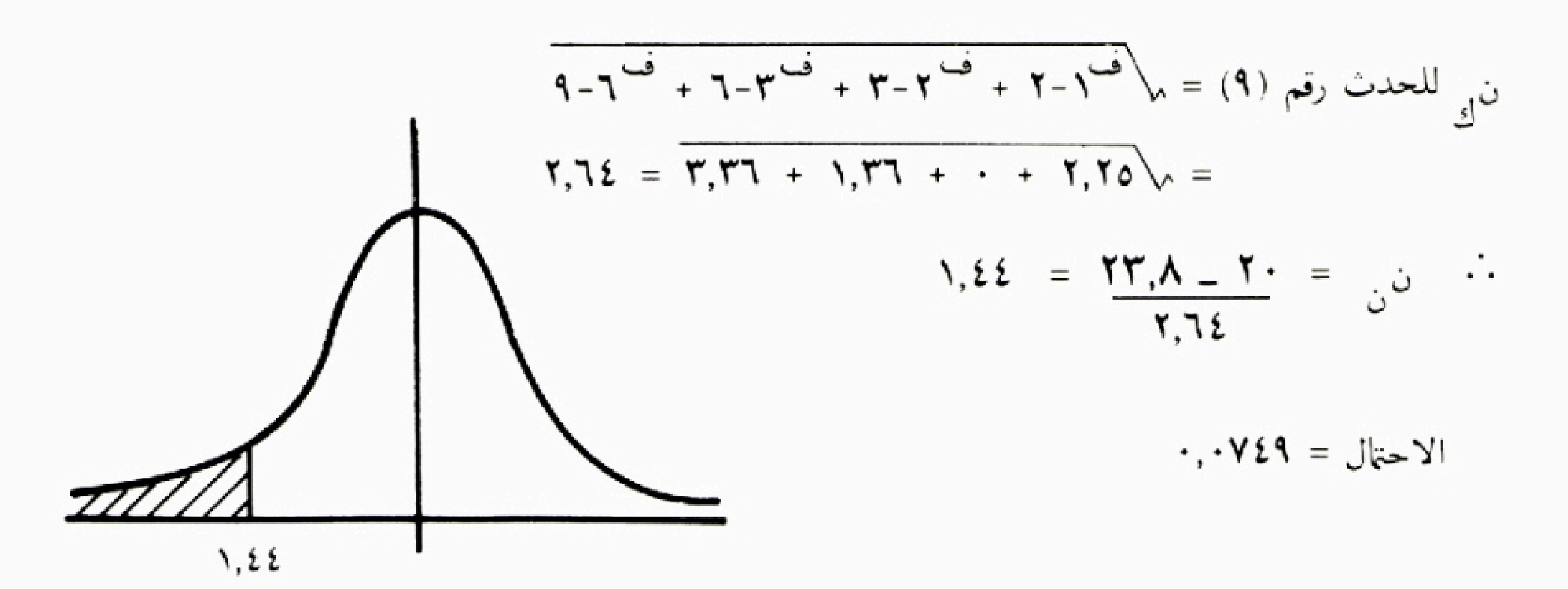
حدث		تأ (يوم)	ف	و ل ب	و ر ب	و ل ن	و ر ن	ملاحظات
البداية	النهاية							
١	٢	٦,٥	٢,٢٥	٠	٦,٥	٢,٥	٨,٧	
١	٣	٦,٢	٠,٦٩	٠	٦,٢	٢,٥	٨,٧	
١	٤	١٤,٣	٥,٤٤	٠	١٤,٣	٠	١٤,٣	نشاط حرج
٢	٣	٠	٠	٦,٥	٦,٥	٨,٧	٨,٧	
٢	٤	٢,٣	٠,٤٤	٦,٥	٨,٨	١٢,ـ	١٤,٣	
٢	٥	٥,٥	١,٣٦	٦,٥	١٢,ـ	١٣,٨	١٩,٣	
٣	٦	٧,٥	١,٣٦	٦,٥	١٤,ـ	٨,٧	١٦,٢	
٤	٥	٥,ـ	١,ـ	١٤,٣	١٩,٣	١٤,٣	١٩,٣	نشاط حرج
٤	٧	٤,٢	٠,٢٥	١٤,٣	١٨,٥	٢٣,ـ	٢٧,٢	
٥	٨	٢,٢	٠,٢٥	١٩,٣	٢١,٥	١٩,٣	٢١,٥	نشاط حرج
٦	٨	٢,٢	٠,٢٥	١٤,ـ	١٦,٢	١٩,٣	٢١,٥	
٦	٩	٩,٨	٣,٣٦	١٤,ـ	٢٣,٨	١٦,٢	٢٦,ـ	
٧	١٠	٤,٣	١,ـ	١٨,٥	٢٢,٨	٢٧,٢	٣١,٥	
٨	١٠	١٠,ـ	٢,٧٨	٢١,٥	٣١,٥	٢١,٥	٣١,٥	نشاط حرج
٩	١٠	٥,٥	١,٣٦	٢٣,٨	٢٩,٣	٢٦,ـ	٣١,٥	

$ن_ك$ للحدث رقم (٩) = $\sqrt{ف_{١-٢} + ف_{٢-٣} + ف_{٣-٦} + ف_{٦-٩}}$

= $\sqrt{٢,٢٥ + ٠ + ١,٣٦ + ٣,٣٦} = ٢,٦٤$

∴ $ن_ن = \frac{٢٠ - ٢٣,٨}{٢,٦٤} = ١,٤٤$

الاحتمال = ٠,٠٧٤٩



تمارين

٤ - ١ يمثل التالي البيانات الخاصة عن مشروع ما وهي حدث البداية والنهاية للنشاط ، والوقت المتفائل ، والوقت الأكثر احتمالاً ، والوقت المتشائم للنشاط .

حدث		وقت النشاط (يوم)		
بداية	نهاية	$ت_ف$	$ت_أ$	$ت_ش$
١	٣	٣	٦	١٢
٣	٥	٤	٦	٩
٣	٧	٦	١٥	٢٠
٥	٩	١	٢	٥
٧	١١	٣	٥	١٠
٩	١٣	.	.	.
٩	١٥	١	٢	٤
١١	١٥	٣	٤	٦
١٣	١٥	٢	٤	٨

والمطلوب رسم الشبكة وحساب الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع والتفاوت للمشروع كله ، وكذلك حساب المرونة الوقتية الحرة والمرونة الوقتية الكلية.

٤ - ٢ يوضح التالي أنشطة مشروع ما مع أوقات النشاط المتفائل ، والأكثر احتمالاً والمتشائم . والمطلوب التالي :

أ ـ حدد المسار الحرج للمشروع والوقت المتوقع لتنفيذه والانحراف القياسي له .

ب ـ ما هو احتمال الانتهاء من المشروع في وقت أقل من أو يساوي ستة وعشرين يوماً ؟

ج ـ ما هو احتمال الانتهاء من المشروع في وقت أكبر من أو يساوي أربعة وثلاثين يوماً ؟

د ـ ما هو احتمال الانتهاء من المشروع في وقت أكبر من أو يساوي ستة وعشرين يوماً ، ووقت أقل من أو يساوي أربعة وثلاثين يوماً ؟

هـ ـ أحسب احتمال الانتهاء من الحدث (٨) في وقت لا يتجاوز عشرين يوماً .

و ـ أحسب المرونة الوقتية الكلية والمرونة الوقتية الحرة .

حدث		وقت النشاط (يوم)		
البداية	النهاية	ت ف	ت أ	ت ش
١	٢	٢,٥	٣	٥
١	٣	٢,٥	٤	٦
١	٤	٢,٥	٥	١٤
٢	٥	٥	٨	١٢
٣	٥	٧	١٠	١٥
٣	٦	٢	٣	٦
٤	٦	٥	٩	١٢
٥	٧	٣	٧	٩
٥	٨	٢	٣	٧
٦	٨	٤	٦	١٠
٦	٩	٥	٧	١٠
٧	١٠	٥	٨	١٣
٨	١٠	٥	٥	٩
٩	١٠	٤	٥	٧

٤ - ٣ المطلوب حساب التالي لشبكة مشروع (برت) والموضح بياناته أدناه :

أ ـ تحديد المسار الحرج للمشروع

ب ـ احتمال الانتهاء من المشروع في وقت متأخر لا يتجاوز عشرة أيام عن الوقت الأول للمشروع .

ج ـ احتمال الانتهاء من الحدث (١١) في وقت مبكر لا يتجاوز خمسة أيام عن الوقت الأول لانتهائه .

حـــدث		وقت النشـــاط (يوم)		
بداية	نهاية	المتفائل	الأكثر احتمالاً	المتشائم
١	٢	٥	٦	١٠
١	٣	٤	٨	١٢
١	٤	٤	٩	١١
٢	٣	٠	٠	٠
٢	٧	١٥	١٧	١٩
٣	٥	٢	٤	٨
٣	٦	٢	٣	٦
٤	٧	٤	٩	١٠
٤	٨	١٥	١٧	٢٨
٥	١٢	٩	١١	١٤
٦	١٠	٢	٤	٦
٧	٩	٣	٦	٩
٧	١٠	٤	٥	٦
٨	٩	٢	٤	٥
٩	١١	٣	٥	٧
١٠	١١	٤	٦	٧
١١	١٣	٢	٣	٦
١١	١٤	٣	٤	٥
١١	١٥	٢	٤	٨
١٢	١٦	٢	٥	٦
١٣	١٤	٠	٠	٠
١٣	١٦	٥	٦	٨
١٤	١٦	٤	٧	٨
١٥	١٦	٥	٧	٩

٤ - ٤ احسب التالي ، للمشروع المبين بياناته التالية :

أ - ارسم شبكة مشروع (برت) .

ب - احسب على الشبكة الحدث .

ج - ما هو الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع ؟

د - ما هو الانحراف القياسي للمشروع ؟

هـ - ما هو احتمال الانتهاء من المشروع في وقت متأخر عن وقته الأول بمقدار لا يتجاوز سبعة أيام ؟

و ـ ما هو احتمال الانتهاء من المشروع في وقت مبكر عن وقته الأول بمقدار لا يتجاوز أربعة أيام ؟

س ـ ما هو احتمال الانتهاء من الحدث رقم (١٠) في وقته الأخير ؟

ص ـ ما هو احتمال الانتهاء من الحدث رقم (١٠) في وقت متأخر عن وقته الأول بمقدار لا يتجاوز ثلاثة أيام ؟

ع ـ ما هو تأثير تغيير وقت الأنشطة التالية على الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع ؟

٢ - ٤ الوقت الأكثر احتمالاً يصبح مساوياً للوقت المتشائم .

٤ - ٩ الوقت الأكثر احتمالاً يصبح مساوياً للوقت المتشائم .

٣ - ٥ الوقت الأكثر احتمالاً يساوي الوقت المتفائل .

٥ - ٩ الوقت الأكثر احتمالاً يساوي الوقت المتفائل .

حدث		وقت النشاط (يوم)		
البداية	النهاية	ت ف	ت أ	ت ش
١	٢	٤	٦	٨
٢	٣	٣	٥	٨
٢	٤	٣	٥	١٤
٣	٥	٢	٨	١٢
٣	٦	١	٢	٤
٣	٧	٢	٢	٥
٣	٨	١	٢	٤
٤	٩	٢	٣	١٨
٥	٧	٠	٠	٠
٥	٩	١	٧	١٠
٥	١٠	٦	٩	١٥
٦	٧	٠	٠	٠
٦	١١	٢	٦	١٠
٧	١٠	١	٤	٩
٨	١١	٢	٣	٦
٩	١٢	١٤	١٦	٢٤
١٠	١٢	٣	٨	١٤
١١	١٢	٥	٨	١٦

٤ - ٥ المطلوب رسم شبكة (برت) للمشروع الموضح بياناته وكذلك حساب الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع والانحراف القياسي له مع حساب احتمال الانتهاء من المشروع في وقت لا يتجاوز خمسة أيام بعد أو قبل الوقت المتوقع لتنفيذه .

حـــدث		وقت النشـــاط (يوم)		
البداية	النهاية	ت ف	ت أ	ت ش
١	٢	٥	٨	١٢
١	٣	١	٢	٦
٢	٥	٣	٥	٦
٢	٦	٢	٤	٩
٣	٤	٣	٤	٧
٤	١٠	٢	٣	٨
٤	١١	١	٢	٤
٥	٦	٠	٠	٠
٥	٧	٢	٣	٦
٦	٨	١	٢	٣
٧	٩	٥	٩	١٠
٨	٩	٢	٦	٧
٩	١٣	٣	٥	٦
١٠	١١	٤	٧	١١
١٠	١٢	٢	٣	٧
١١	١٢	٠	٠	٠
١٢	١٣	١	٢	٤
١٣	١٤	٩	١١	١٦
١٤	١٥	٨	١١	١٦
١٥	١٦	٧	١١	١٦
١٥	١٧	٦	١٠	١٨
١٦	١٧	٠	٠	٠

الباب الخامس

العلاقة بين التكلفة ومدة التنفيذ

يتطلب إنجاز أي نشاط استخدام كمية معينة من المصادر ووقت محدد له . ويعرف النشاط بأنه طبيعي إذا استخدم الحد الأدنى من المصادر والحد الأقصى للوقت ، أما إذا أريد تقليل الوقت اللازم لإنجاز النشاط ، فيكون ذلك على حساب الزيادة في استخدام المصادر ، أي الزيادة في تكلفة النشاط . ويعتمد تقليل وقت النشاط عن وقته الطبيعي على الإمكانيات الفنية ـ بحيث لا يؤثر ذلك على المواصفات ـ وعلى توفر المصادر المستخدمة لهذا النشاط .

٥ - ١ علاقة وقت النشاط مع التكلفة

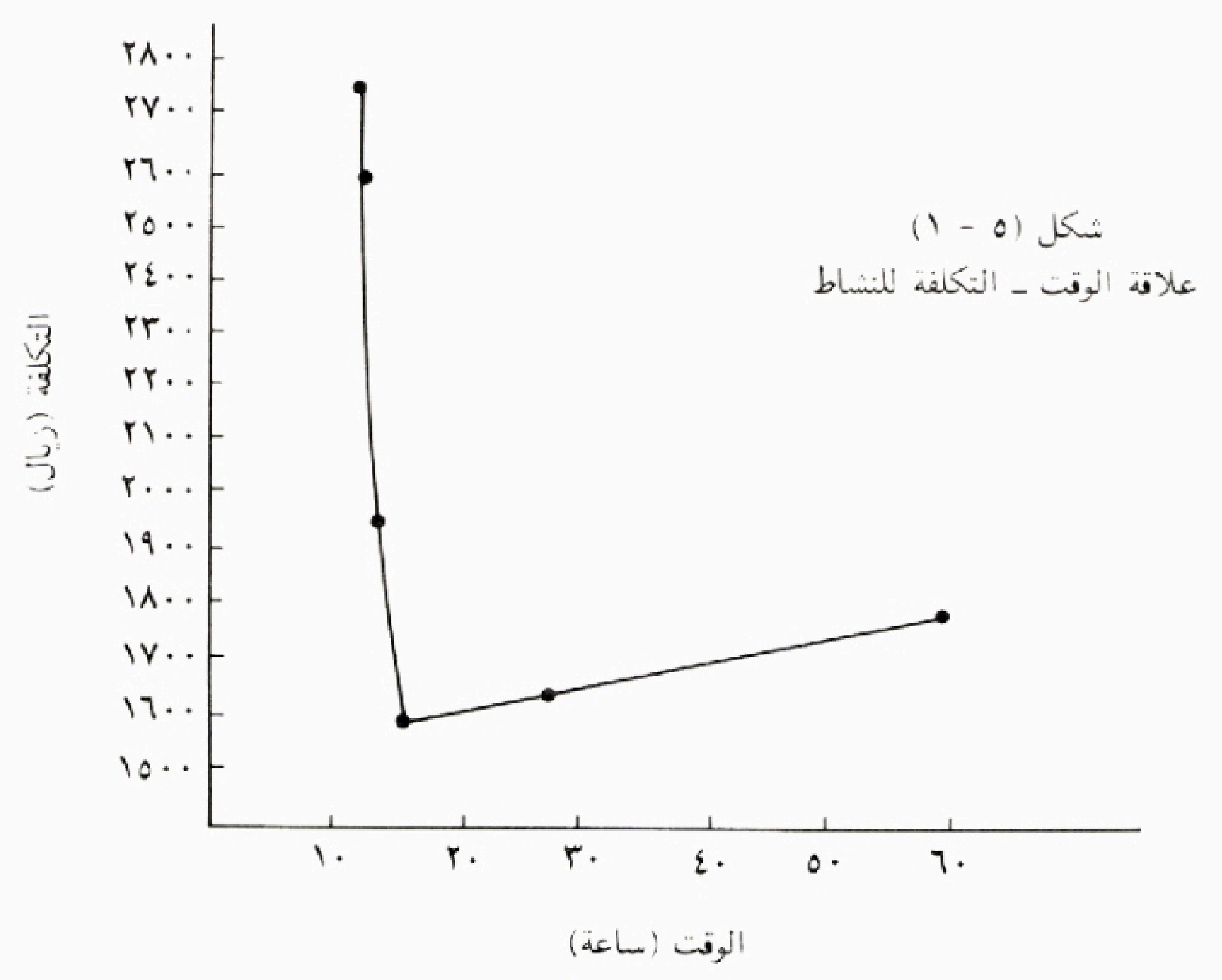
يعتمد حساب وقت النشاط ، والذي استخدم في البابين الثالث والرابع ، على كمية معينة من المصادر . وقد أطلق عليها الحد الأدنى من استخدام المصادر ويعادلها الحد الأقصى من الاستفادة من الوقت اللازم لإنجاز النشاط . ومن البديهي أنه في حالة زيادة كمية المصادر المستخدمة للنشاط ، قد يؤدي ذلك إلى تقليل وقت النشاط وكذلك زيادة تكلفة النشاط . ويعتقد أن معدل تكلفة المصادر إلى كمية المصادر المستخدمة ثابتاً ، طالما أن طرق العمل لم تتغير ، ولكن ذلك لا يمكن النظر اليه على أنه الحل العام لكل المشاكل ، بل قد تكون الزيادة في بعض الأحيان مطردة . وتجدر الاشارة هنا بأن الزيادة في استخدام المصادر لأي نشاط تصل لحد أقصى ، تكون بعده الزيادة في استخدامها بدون تقليل في وقت النشاط . وكمثال بسيط على ذلك لو افترضنا أننا نريد بناء مجموعة من الحوائط فيمكن البدء بعامل بناء واحد ، ثم بعاملين ، ثم ثلاثة ، حتى نصل إلى حد أقصى تكون بعده منطقة العمل مزدحمة بالمواد والعاملين مما يؤثر على الأداء ومعدل الإنتاج ، وعلى هذا فإن أي زيادة في المصادر ستكلف الإدارة بدون أي عائد ، بل قد يكون العائد سالباً .

وإذا فرضنا أن بعض أعمال الحفريات ، التي حددتها إدارة المشروع من قبل ، يمكن لعامل واحد إنجازها في ستين ساعة ويراد تقليل وقت إنجازها . يبين جدول (٥-١) نتائج دراسة سابقة قامت بها الإدارة لبعض الأعمال المماثلة .

يلاحظ أن كفاءة العمل تزداد بزيادة عدد العمال حتى ثلاثة أو أربعة عمال ، وكذلك تقل التكلفة الكلية حتى ثلاثة عمال ثم تميل إلى الزيادة ، ويبين شكل (٥ - ١) العلاقة بين عدد ساعات إنجاز النشاط والتكلفة الكلية بالريال . ويتضح من هذا الشكل ان النقطة التي تمثل

جـدول (٥ - ١) بيانات عن وقت النشاط والتكلفة

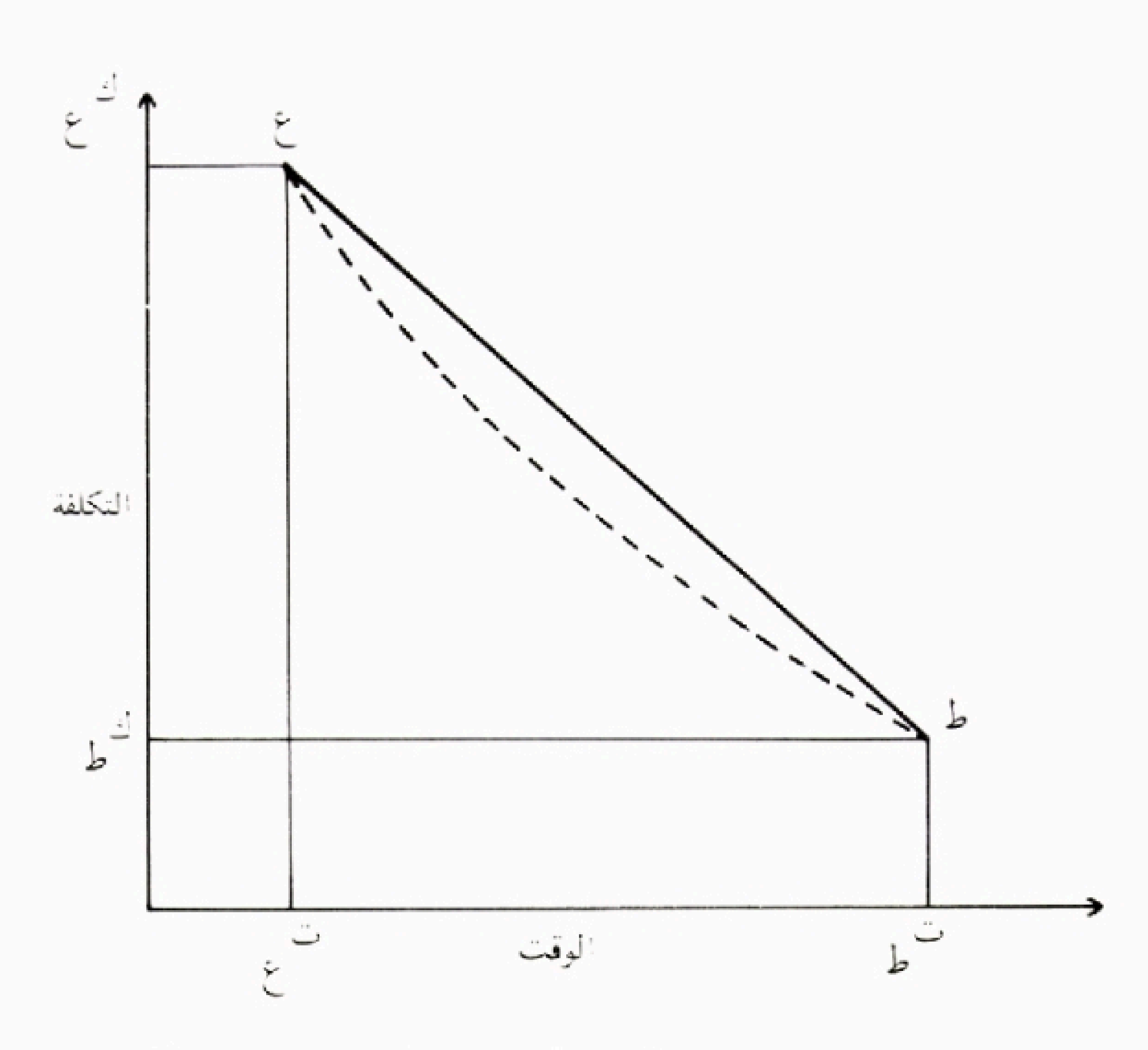
عدد العمال	الأجرة الكلية ريال/ساعة	مدة الإنجاز ساعة	ملاحظـــات
١	٣٠	٦٠	
٢	٦٠	٢٨	
٣	١٠٠	١٦	تضاف عشرة ريالات على الأجرة نظير مصروفات إشراف .
٤	١٤٠	١٤	تضاف عشرة ريالات أخرى نظير الإشراف
٥	٢٠٠	١٣	تعيين مشرف على العمل بأجرة مقدارها ٥٠ ريالا في الساعة .
٦	٢٥٠	١١	تعيين مشرف على العمل بأجرة مقدارها ٥٠ ريالا في الساعة .



شكل (٥ - ١)
علاقة الوقت ـ التكلفة للنشاط

الحد الأدنى للتكلفة (أي النقطة الطبيعية) عند ١٦ ساعة ، ويمثلها ثلاثة عمال بتكلفـة كلية مقدارها ١٦٠٠ ريال ، وتزداد التكلفة بزيادة عدد الساعات من الناحية اليمنى للمنحنى وكذلك بتقليل عدد الساعات . وعلى ذلك فإن جزء المنحنى الذي يربط تكلفة النشاط مع وقت إنجازه ابتداءاً من النقطة الطبيعية حتى الحد الأدنى للوقت ، هي الهامة في تحديد طريقة حساب العلاقة بين تقليل وقت النشاط والزيادة في التكلفة .

وللتبسيط نقرب هذا الجزء من المنحنى إلى خط مستقيم محدد بنقطتين : الأولى هي النقطة الطبيعية ، والثانية هي النقطة العاجلة . ويبين شكل (٥ - ٢) العلاقة في صورتها العامة بين الوقت اللازم لإنجاز النشاط والتكلفة الكلية للنشاط . ويمكن تجزئة هذه العلاقة إلى مجموعة من الخطوط المستقيمة ، تكوّن خطاً منكسراً بين النقطتين الطبيعية والعاجلة ، وذلك في حالات وجود انحناء شديد يكون تقريبه إلى خط مستقيم واحد بعيداً عن الواقع الفعلي .



شكل (٥ - ٢) العلاقة بين التكلفة ووقت النشاط

يمثل شكل (٥ - ٢) العلاقة الخطية بين وقت النشاط والتكلفة ويستنتج من هذه العلاقة معدل الزيادة في التكلفة لكل وحدة زمنية للنشاط .

$$ك = \frac{ك_{ع} - ك_{ط}}{ت_{ط} - ت_{ع}}$$

حيث أن :

ك معدل الزيادة في التكلفة لكل وحدة زمن

ط النقطة الطبيعية

ع النقطة العاجلة

ك ع تكلفة النشاط عند إتمامه في الوقت العاجل .

ك ط تكلفة النشاط عند إتمامه في الوقت الطبيعي .

ت ع الوقت العاجل لإنجاز النشاط .

ت ط الوقت الطبيعي لإنجاز النشاط .

مثـال

يمكن إنجاز نشاط ما في ١٤ يوماً بتكلفة ٧٠٠٠ ريال، وكذلك في وقت عاجل مقداره ١١ يوماً بتكلفة مقدارها ١٠,٠٠٠ ريال ، ويراد حساب التكلفة في الأوقات الممكنة لإنجاز هذا النشاط .

الحـل

يمكن إنجاز هذا النشاط في ١٤ ، ١٣ ، ١٢ ، ١١ يوماً ، وتحسب أولاً معدل الزيادة في التكلفة من العلاقة التالية :

$$ك = \frac{ع^{ك} - ط^{ك}}{ط^{ت} - ط^{ت}}$$

$$= \frac{١٠,٠٠٠ - ٧٠٠٠}{١٤ - ١١} = ١٠٠٠ \text{ ريال/يوم}$$

وتكون التكلفة كالتالي :

وقت النشــاط	التكلفة الكلية		
١٤	٧٠٠٠		الوقت الطبيعي
١٣	٧٠٠٠ + ١٠٠٠	=	٨٠٠٠
١٢	٨٠٠٠ + ١٠٠٠	=	٩٠٠٠
١١	١٠٠٠٠		الوقت العاجل

٥ - ٢ العلاقة بين وقت إنجاز المشروع والتكلفة

تنقسم أنشطة أي مشروع إلى قسمين هما : أنشطة حرجة وأنشطة غير حرجة . ويتأثر وقت إنجاز المشروع بتقليل أو زيادة وقت أي نشاط حرج ، ولكن لا يتأثر إلى حد معين بالنسبة للأنشطة غير الحرجة ، حيث يتوفر لهذه الأنشطة بعض المرونة الوقتية . ويوجد لكل مشروع وقت وتكلفة

طبيعية ووقت وتكلفة عاجلة ، ويمكن حساب الحد الأقصى لتقليل وقت إنجاز المشروع مع الحد الأدنى لزيادة التكلفة .

ويبين جدول (٥ - ٢) مشروعاً ما ، ويراد حساب العلاقة بين تكلفة المشروع ووقت إنجازه ، وسيتم الحساب على ثلاثة مراحل هي : الحسابات على أساس الوقت الطبيعي والحسابات على أساس الوقت العاجل ، وأخيراً على أساس تقليل وقت إنجاز المشروع يوماً واحداً في كل خطوة مع العلم بأن هذه الحسابات خاصة بالشبكة السهمية .

جدول (٥ - ٢) قائمة وتكلفة النشاط

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)		تكلفة النشاط (بالألف ريال)	
		الطبيعي	العاجل	الطبيعي	العاجل
أ	—	٦	٤	٥	٨
ب	—	٨	٧	٦,٥	٨,٥
ج	—	٤	٤	٧	٧
ح	أ	١٠	٨	٢,٨	٤
د	ب	٨	٦	١,٥	٣
ر	ب ، ج	١٢	٧	٧	٨,٥
س	ج ، ح ، د	٧	٤	٢,٥	٥
ص	ج ، ح ، د	٩	٧	٣,٨	٥,٥
ع	س	٣	٣	٣,٥	٣,٥
ف	ر ، ص ، ع	٦	٥	٤	٦
ق	س	٦	٥	٤,٥	٥,٥
ك	س	٧	٧	٦,٥	٦,٥
ل	س	٨	٧	٢	٣,٥
م	ك ، ل	٤	٤	٢,٥	٢,٥
ن	ف ، ق	٤	٤	٦	٦
هـ	م ، ن	٥	٣	٥,٥	٩
و	هـ	٥	٥	٢,٨	٢,٨
ي	و	١٠	٨	٣	٥,٥
أ أ	و	٤	٣	١,٦	٣,٥
ب ب	و	٨	٦	٢,٥	٥
ج ج	أ أ	٨	٦	٤	٦

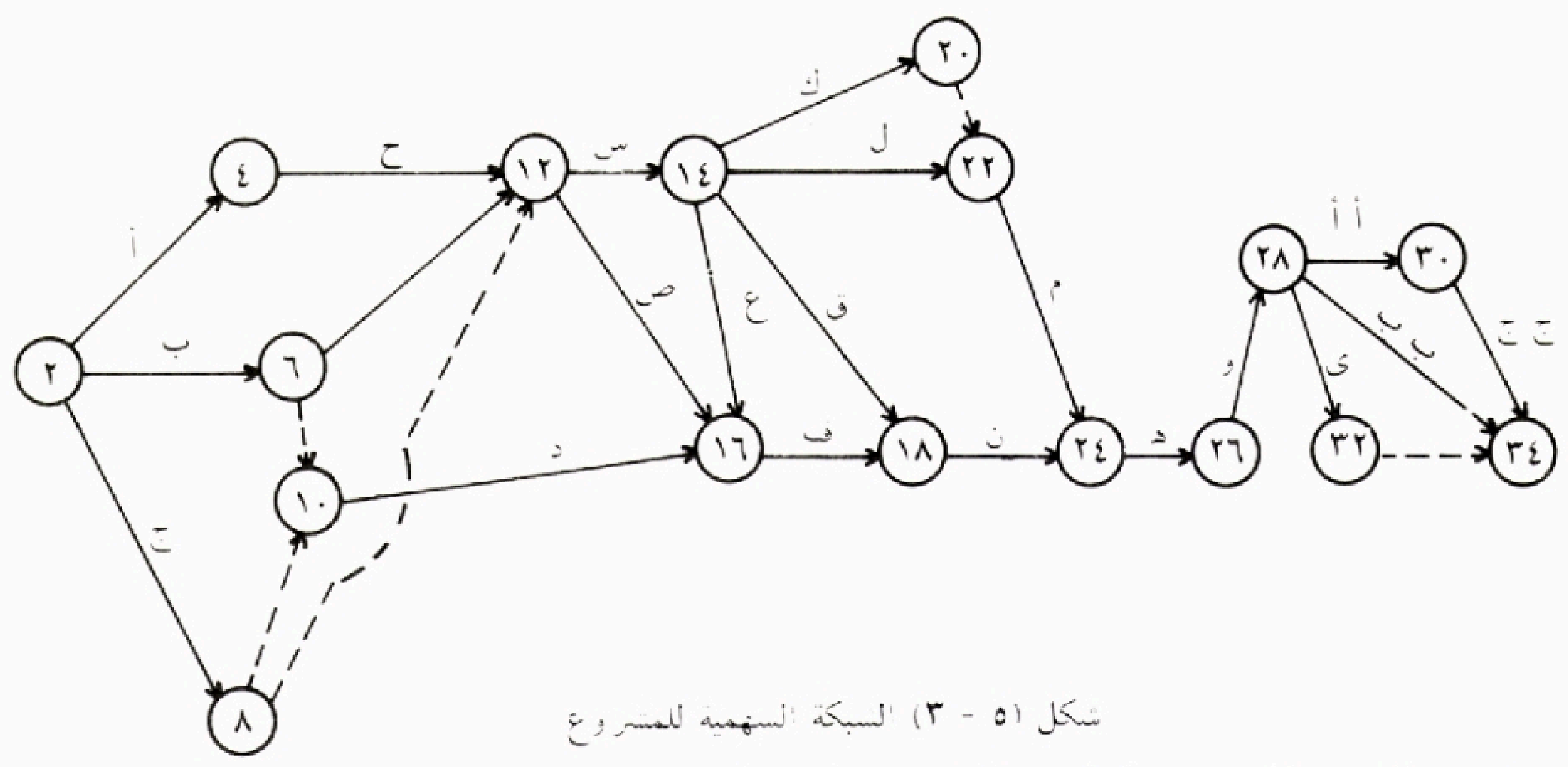
٥ - ٢ - ١ حسابات الوقت الطبيعي

ستتم الحسابات لكل المراحل على الجدول لأنها الطريقة الأكثر شيوعاً . ويبين جدول (٥ - ٣) حسابات الوقت الطبيعي ، أي أن المشروع يتم إنجازه بأقل تكلفة وأفضل وقت . ويكون وقت إنجاز المشروع هو ٥٨ يوماً وتكلفته ٨٤,٥٠٠ ريالاً . ولمزيد من الايضاح تم رسم الشبكة السهمية للمشروع شكل (٥ - ٣) .

جدول (٥ - ٣) حسابات الوقت الطبيعي للمشروع

رمز النشاط	يعتمد على	الوقت الطبيعي	الوقت الأول		الوقت الأخير	
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن
+ أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦
+ ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨
ج	—	٤	صفر	٤	١٢	١٦
+ ح	أ	١٠	٦	١٦	٦	١٦
+ د	ب	٨	٨	١٦	٨	١٦
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١٤	٢٦
+ س	ج ، ح ، د	٧	١٦	٢٣	١٦	٢٣
ص	ج ، ح ، د	٩	١٦	٢٥	١٧	٢٦
+ ع	س	٣	٢٣	٢٦	٢٣	٢٦
+ ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٦	٣٢	٢٦	٣٢
ق	س	٦	٢٣	٢٩	٢٦	٣٢
ك	س	٧	٢٣	٣٠	٢٥	٣٢
ل	س	٨	٢٣	٣١	٢٤	٣٢
م	ك ، ل	٤	٣١	٣٥	٣٢	٣٦
+ ن	ف ، ق	٤	٣٢	٣٦	٣٢	٣٦
+ هـ	م ، ن	٥	٣٦	٤١	٣٦	٤١
+ و	هـ	٥	٤١	٤٦	٤١	٤٦
ي	و	١٠	٤٦	٥٦	٤٨	٥٨
+ أ أ	و	٤	٤٦	٥٠	٤٦	٥٠
ب ب	و	٨	٤٦	٥٤	٥٠	٥٨
+ ج ج	أ أ	٨	٥٠	٥٨	٥٠	٥٨

+ نشاط حرج .



شكل (٥ - ٣) السبكة السهمية للمشروع

٥ - ٢ - ٢ حسابات الوقت العاجل

يبين جدول (٥ - ٤) حسابات الوقت العاجل للمشروع على أساس أن كل الأنشطة ستتم في الوقت العاجل لها ، وبالتالي فإن التكلفة هي مجموع التكلفة العاجلة للأنشطة . ويستفاد من هذه الحسابات أساساً في تحديد الحد الأقصى الممكن لتقليل وقت المشروع ، ولكن ذلك يتم أيضاً على حساب الحد الأقصى في الزيادة في التكلفة لأنه في هذه الحالة قد تم تقليل أوقات كل الأنشطة بما فيها الأنشطة التي لديها مرونة وقتية أي هناك احتمال في تأخيرها أو بالأحرى زيادة وقتها ، وعليه قد تم إنجاز المشروع في ٤٦ يوماً ، وبتكلفة مقدارها ١١٣,٨٠٠ ريال سعودي .

٥ - ٢ - ٣ تقليل مدة تنفيذ المشروع على مراحل

يتصف هذا الجزء بتقليل مدة التنفيذ التي تم الوصول اليها عن طريق حسابات الوقت العاجل والحد الأدنى للزيادة في التكلفة ، وذلك بتقليل وقت المشروع بمقدار وحدة زمنية واحدة فقط في كل مرحلة . ويتم تقليل النشاط الحرج الذي يتميز بأقل معدل زيادة في التكلفة بشرط أن تكون الفرصة مازالت متوفرة لتقليل وقت هذا النشاط . وقد اتخذت وحدة زمنية واحدة لنشاط حرج أساساً لتقليل مدة تنفيذ المشروع ، لكي يختبر في نهاية كل مرحلة المسار الحرج ، وهل تغير أم لا ؟ ، لكي يختار في الخطوة التالية من بين الأنشطة الحرجة .

خطوات تقليل مدة تنفيذ المشروع بمقدار وحدة زمنية واحدة :

١ - تعيين الأنشطة الحرجة ، ومن ثم المسار (أو المسارات) الحرج .

٢ - لتقليل مدة التنفيذ بمقدار وحدة زمنية واحدة ينبغي تقليل كل مسار حرج بمقدار وحدة زمنية واحدة ، وذلك في حالة تعدد المسارات الحرجة ، أما إذا كان للمشروع مسار حرج واحد ، فيقلل وقت نشاط حرج واحد فقط .

٣ - يحسب معدل الزيادة في التكلفة لكل وحدة زمنية للأنشطة الحرجة .

٤ - تحدد الأنشطة الحرجة التي مازال لها فرصة في تقليل وقتها .

٥ - يختار النشاط الذي له أقل معدل زيادة في التكلفة لكل وحدة زمنية ويقلل وقته بمقدار وحدة زمنية واحدة .
٦ - يحسب الوقت الأول والأخير للمشروع لتحديد المسار (أو المسارات) الحرج .
٧ - التكلفة الكلية = التكلفة للمرحلة السابقة مضافاً اليها الزيادة الناتجة عن تقليل وقت النشاط الحرج والذي تم في الخطوة رقم (٦) .
٨ - تكرر الخطوات (١) حتى (٨) عدداً من المرات مساوياً لعدد الوحدات الزمنية المراد تقليل مدة تنفيذ المشروع بمقدارها .

جدول (٥ - ٤) حسابات الوقت العاجل للمشروع

	رمز النشاط	يعتمد على	الوقت العاجل	الوقت الأول		الوقت الأخير	
				و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن
	أ	—	٤	صفر	٤	١	٥
+	ب	—	٧	صفر	٧	صفر	٧
	ج	—	٤	صفر	٤	٩	١٣
	ح	أ	٨	٤	١٢	٥	١٣
+	د	ب	٦	٧	١٣	٧	١٣
	ر	ب ، ج	٧	٧	١٤	١٣	٢٠
+	س	ج ، ح ، د	٤	١٣	١٧	١٣	١٧
+	ص	ج ، ح ، د	٧	١٣	٢٠	١٣	٢٠
+	ع	س	٣	١٧	٢٠	١٧	٢٠
+	ف	ر ، ص ، ع	٥	٢٠	٢٥	٢٠	٢٥
	ق	س	٥	١٧	٢٢	٢٠	٢٥
	ك	س	٧	١٧	٢٤	١٨	٢٥
	ل	س	٧	١٧	٢٤	١٨	٢٥
	م	ك ، ل	٤	٢٤	٢٨	٢٥	٢٩
+	ن	ف ، ق	٤	٢٥	٢٩	٢٥	٢٩
+	هـ	م ، ن	٣	٢٩	٣٢	٢٩	٣٢
+	و	هـ	٥	٣٢	٣٧	٣٢	٣٧
	ي	و	٨	٣٧	٤٥	٣٨	٤٦
+	أ أ	و	٣	٣٧	٤٠	٣٧	٤٠
	ب ب	و	٦	٣٧	٤٣	٤٠	٤٦
+	ج ج	أ أ	٦	٤٠	٤٦	٤٠	٤٦

+ نشاط حرج

سيتم الآن تقليل مدة تنفيذ المشروع مرحلة بمرحلة حتى الوصول إلى مدة تنفيذ له تعادل ٤٦ يوماً .

المرحلة الأولى : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٧ يوماً

- يتبين من جدول (٥ - ٣) أن الأنشطة الحرجة للمشروع هي :

أ - ب - ح - د - س - ع - ف - ن - هـ - و - أ أ - ج ج

وبالتالي يوجد للمشروع تحت الدراسة مساران حرجان هما :

أ - ح - س - ع - ف - ن - هـ - و - أ أ - ج ج
ب - د - س - ع - ف - ن - هـ - و - أ أ - ج ج

- يحسب معدل الزيادة في التكلفة لكل وحدة زمنية للأنشطة الحرجة وذلك من العلاقة :

$$ك = \frac{ك_{ع} - ك_{ط}}{ت_{ط} - ت_{ع}}$$

فمثلاً للنشاط (أ) $ك_{أ} = \frac{٨ - ٥}{٦ - ٤}$ = ١٥٠٠ ريال لكل يوم .

ترتب البيانات الخاصة باختبار النشاط الحرج الذي سيتم تقليل وقته بمقدار وحدة زمنية واحدة (يوم) كالتالي :

النشاط الحرج	ك	ملاحظات
أ	١,٥	
ب	٢	
ح	٠,٦	
د	٠,٧٥	
س	٠,٨٣٣	
ع	—	لايمكن تقليله
ف	٢	
ن	—	لايمكن تقليله
هـ	١,٧٥	
و	—	لايمكن تقليله
أ أ	١,٩	
ج ج	١	

يمثل النشاط الحرج (ح) أقل زيادة في التكلفة ، ولكن إذا تم تقليل وقته فإن مدة تنفيذ المشروع سوق لا تقل لأن النشاط (ح) على المسار الحرج الأول فقط ، أي أن المسار الحرج الثاني سيبقى طوله الزمني ٥٨ يوماً . لذلك فإنه قبل البدء في اختيار النشاط الذي سيقلل وقته ، يجب تحديد البدائل الممكنة لتقليل وقت المشروع يوماً واحداً وذلك في حالة تعدد المسارات الحرجة .

ويمكن أن نجد في هذه الحالة بدائل من أنشطة واحدة فقط ، وأخرى من نشاطين أي (أ + ح) ، (أ + د) ، (ح + ب) ، (ح + د) ، ثم بقية الأنشطة والمشتركة في المسارين .

جدول (٥ - ٥) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٧ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤	صفر	٤	٩	١٣	
ح	أ	١٠	٦	١٦	٦	١٦	نشاط حرج
د	ب	٨	٨	١٦	٨	١٦	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١٣	٢٥	
س	ج ، ح ، د	٦	١٦	٢٢	١٦	٢٢	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٩	١٦	٢٥	١٦	٢٥	نشاط حرج
ع	س	٣	٢٢	٢٥	٢٢	٢٥	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٥	٣١	٢٥	٣١	نشاط حرج
ق	س	٦	٢٢	٢٨	٢٥	٣١	
ك	س	٧	٢٢	٢٩	٢٤	٣١	
ل	س	٨	٢٢	٣٠	٢٣	٣١	
م	ك ، ل	٤	٣٠	٣٤	٣١	٣٥	
ن	ف ، ق	٤	٣١	٣٥	٣١	٣٥	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣٥	٤٠	٣٥	٤٠	نشاط حرج
و	هـ	٥	٤٠	٤٥	٤٠	٤٥	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٥	٥٥	٤٧	٥٧	
أ أ	و	٤	٤٥	٤٩	٤٥	٤٩	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٥	٥٣	٤٩	٥٧	
ج ج	أ أ	٨	٤٩	٥٧	٤٩	٥٧	نشاط حرج

يختار في هذه الحالة النشاط (س) وتكون التكلفة الكلية تعادل :
(٨٤,٥٠٠ + ٨٣٣ = ٨٥,٣٣٣ ريالا) . يوضح جدول (٥ ـ ٥) حسابات الوقت الأول والأخير لمدة تنفيذ ٥٧ يوماً .

المرحلة الثانية : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٦ يوماً .
أصبح النشاط (ص) حرجاً وبناء عليه تتغير المسارات الحرجة إلى أربعة هي :

جدول (٥ - ٦) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٦ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم) الوقت الأخير (يوم)				ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤	صفر	٤	٩	١٣	
ح	أ	١٠	٦	١٦	٦	١٦	نشاط حرج
د	ب	٨	٨	١٦	٨	١٦	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١٣	٢٥	
س	ج ، ح ، د	٦	١٦	٢٢	١٦	٢٢	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٩	١٦	٢٥	١٦	٢٥	نشاط حرج
ع	س	٣	٢٢	٢٥	٢٢	٢٥	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٥	٣١	٢٥	٣١	نشاط حرج
ق	س	٦	٢٢	٢٨	٢٥	٣١	
ك	س	٧	٢٢	٢٩	٢٤	٣١	
ل	س	٨	٢٢	٣٠	٢٣	٣١	
م	ك ، ل	٤	٣٠	٣٤	٣١	٣٥	
ن	ف ، ق	٤	٣١	٣٥	٣١	٣٥	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣٥	٤٠	٣٥	٤٠	نشاط حرج
و	هـ	٥	٤٠	٤٥	٤٠	٤٥	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٥	٥٥	٤٦	٥٦	
أ أ	و	٤	٤٥	٤٩	٤٥	٤٩	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٥	٥٣	٤٨	٥٦	
ج ج	أ أ	٧	٤٩	٥٦	٤٩	٥٦	نشاط حرج

أ ـ ج ـ س ـ ع ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
ب ـ د ـ س ـ ع ـ ف ـ ن ـ هـ ـ أ أ ـ ج ج
أ ـ ح ـ ص ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
ب ـ د ـ ص ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج

يعادل معدل الزيادة في التكلفة للنشاط (ص) ٨٥٠ ريالا يومياً ، وبعد تحديد البدائل المختلفة لاختيار النشاط أو الأنشطة التي تؤدي إلى تقليل مدة التنفيذ يوماً آخر ، نجد أن هذا النشاط هو (ج ج) ، فيقلل وقته من ثمانية أيام إلى سبعة أيام ، وتكرر الحسابات مع ملاحظة أن التكلفة الكلية لمدة تنفيذ ٥٦ يوماً هي (٨٥,٣٣٣ + ١٠٠٠ = ٨٦,٣٣٣ ريالا) ، ويبين جدول (٥ ـ ٦) حسابات الوقت الأول والأخير لمدة تنفيذ ٥٦ يوماً .

المرحلة الثالثة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٥ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة وعليه يكون النشاط (ج ج) صالحاً للتقليل ، طالما أن هناك وقتا باق لم يستخدم من الوقت العاجل . ويوضح جدول (٥ ـ ٧) الحسابات لمدة تنفيذ ٥٥ يوماً بتكلفة كلية مقدارها (٨٦,٣٣٣ + ١٠٠٠ = ٨٧,٣٣٣ ريال)

المرحلة الرابعة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٤ يوماً

أصبح النشاط (ي) حرجاً ويحسب له معدل الزيادة في التكلفة يومياً وهو ١٢٥٠ ريال وهنا تعددت المسارات الحرجة حتى أصبحت ثمانية ، ويلاحظ أنه عند تقليل مدة تنفيذ المشروع يوماً ، يجب تقليل جميع المسارات الحرجة يوماً واحداً ، وتتم هذه العملية إما بنشاط حرج مشترك بين كل المسارات الحرجة ، أو بأكثر من نشاط حرج ويتم الاختيار على أساس الإمكانيات المتاحة لتقليل وقت النشاط الحرج وبعد ذلك يكون القرار على أساس الحد الأدنى للزيادة في التكلفة .
المسارات الحرجة هي :

أ ـ ح ـ س ـ ع ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
ب ـ د ـ س ـ ع ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
أ ـ ح ـ ص ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
ب ـ د ـ ص ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
أ ـ ح ـ س ـ ع ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ ي
ب ـ د ـ س ـ ع ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ ي
أ ـ ح ـ ص ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ ي
ب ـ د ـ ص ـ ف ـ ن ـ هـ ـ و ـ ي

ولتحديد البدائل تستبعد أولاً الأنشطة الحرجة التي لا يمكن تقليل وقتها وهي :

ع ، ن ـ و ـ ج ج وتكون البدائل كالتالي :
(أ + ب) ، (أ ، د) ، (ب + ح) ، (ح + د) ، (س + ص) ، ف ، هـ ، (أ أ + ي) .

جدول (٥ - ٧) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٥ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤	صفر	٤	٩	١٣	
ح	أ	١٠	٦	١٦	٦	١٦	نشاط حرج
د	ب	٨	٨	١٦	٨	١٦	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١٣	٢٥	
س	ج ، ح ، د	٦	١٦	٢٢	١٦	٢٢	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٩	١٦	٢٥	١٦	٢٥	نشاط حرج
ع	س	٣	٢٢	٢٥	٢٢	٢٥	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٥	٣١	٢٥	٣١	نشاط حرج
ق	س	٦	٢٢	٢٨	٢٥	٣١	
ك	س	٧	٢٢	٢٩	٢٤	٣١	
ل	س	٨	٢٢	٣٠	٢٩	٣١	
م	ك ، ل	٤	٣٠	٣٤	٣١	٣٥	
ن	ف ، ق	٤	٣١	٣٥	٣١	٣٥	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣٥	٤٠	٣٥	٤٠	نشاط حرج
و	هـ	٥	٤٠	٤٥	٤٠	٤٥	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٥	٥٥	٤٥	٥٥	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٤٥	٤٩	٤٥	٤٩	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٥	٥٣	٤٧	٥٥	
ج ج	أ أ	٦	٤٩	٥٥	٤٩	٥٥	نشاط حرج

ويختار من بين هذه البدائل النشاطين (ح + د) لأنهما البديل الذي له أقل معدل زيادة في التكلفة يومياً . ويوضح جدول (٥ ـ ٨) الحسابات لمدة تنفيذ ٥٤ يوماً وبتكلفة كلية مقدارها (٨٧,٣٣٣ + ١,٣٥٠ = ٨٨,٦٨٣ ريالاً .

المرحلة الخامسة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٣ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ، وعلى ذلك تؤخذ الأنشطة الحرجة السابقة كأساس للتقليل ، طالما أنها لم تصل بعد إلى وقتها العاجل . ويصبح وقت النشاطين (ح) ، (د) ثمانية وستة أيام على

التوالي ، وتكون التكلفة الكلية لمدة تنفيذ **٥٣** يوماً معادلة للتكلفة الكلية لمدة تنفيذ **٥٤** يوماً مضافاً اليها الزيادة في التكلفة نتيجة تقليل وقت النشاطين (ح) ، (د) يوماً أي **٩٠,٠٣٣** ريالاً . ويوضح جدول (٥ ـ ٩) نتائج الحسابات لمدة تنفيذ **٥٣** يوماً .

جدول (٥ - ٨) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٤ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٨	١٢	
ح	أ	٩	٦	١٥	٦	١٥	نشاط حرج
د	ب	٧	٨	١٥	٨	١٥	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١٢	٢٤	
س	ج ، ح ، د	٦	١٥	٢١	١٥	٢١	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٩	١٥	٢٤	١٥	٢٤	نشاط حرج
ع	س	٣*	٢١	٢٤	٢١	٢٤	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٤	٣٠	٢٤	٣٠	نشاط حرج
ق	س	٦	٢١	٢٧	٢٤	٣٠	
ك	س	٧*	٢١	٢٨	٢٣	٣٠	
ل	س	٨	٢١	٢٩	٢٢	٣٠	
م	ك ، ل	٤*	٢٩	٣٣	٣٠	٣٤	
ن	ف ، ق	٤*	٣٠	٣٤	٣٠	٣٤	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣٤	٣٩	٣٤	٣٩	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٩	٤٤	٣٩	٤٤	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٤	٥٤	٤٤	٥٤	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٤٤	٤٨	٤٤	٤٨	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٤	٥٢	٤٦	٥٤	
ج ج	أ أ	٦*	٤٨	٥٤	٤٨	٥٤	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

جدول (٥ - ٩) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٣ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٧	١١	
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١١	٢٣	
س	ج ، ح ، د	٦	٤	٢٠	١٤	٢٠	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٩	١٤	٢٣	١٤	٢٣	نشاط حرج
ع	س	٣*	٢٠	٢٣	٢٠	٢٣	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٣	٢٩	٢٣	٢٩	نشاط حرج
ق	س	٦	٢٠	٢٦	٢٣	٢٩	
ك	س	٧*	٢٠	٢٧	٢٢	٢٩	
ل	س	٨	٢٠	٢٨	٢١	٢٩	
م	ك ، ل	٤*	٢٨	٣٢	٢٩	٣٣	
ن	ف ، ق	٤*	٢٩	٣٣	٢٩	٣٣	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣٣	٣٨	٣٣	٣٨	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٨	٤٣	٣٨	٤٣	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٣	٥٣	٤٣	٥٣	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٤٣	٤٧	٤٣	٤٧	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٣	٥١	٤٥	٥٣	
ج ج	أ أ	٦*	٤٧	٥٣	٤٧	٥٣	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

المرحلة السادسة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٢ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ، ولكن لا يمكن اختيار البديل الذي يحتوي على النشاطين (ح) ، (د) ولأنهما قد تما في الوقت العاجل لهما في المرحلة السابقة وعلى ذلك يختار البديل الأقل والممكن . ونلاحظ أن البدائل الممكنة الآن هي :

(أ + ب) ، (س + ص) ، (ف) ، (هـ) ، (أ أ + ي) . ويختار البديل (س + ص) ،

جدول (٥ - ١٠) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٢ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٦	١٠	نشاط حرج
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	١٠	٢٢	
س	ج ، ح ، د	٥	١٤	١٩	١٤	١٩	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٨	١٤	٢٢	١٤	٢٢	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٩	٢٢	١٩	٢٢	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢٢	٢٨	٢٢	٢٨	نشاط حرج
ق	س	٦	١٩	٢٥	٢٢	٢٨	
ك	س	٧*	١٩	٢٦	٢١	٢٨	
ل	س	٨	١٩	٢٧	٢٠	٢٨	
م	ك ، ل	٤*	٢٧	٣١	٢٨	٣٢	
ن	ف ، ق	٤*	٢٨	٣٢	٢٨	٣٢	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣٢	٣٧	٣٢	٣٧	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٧	٤٢	٣٧	٤٢	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٢	٥٢	٤٢	٥٢	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٤٢	٤٦	٤٢	٤٦	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٢	٥٠	٤٤	٥٢	
ج ج	أ أ	٦*	٤٦	٥٢	٤٦	٥٢	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

وتكون التكلفة الكلية لمدة تنفيذ **٥٢** يوماً هي **٩١,٧١٦** ريالاً . ويوضح جدول (٥ - ١٠) حسابات المرحلة السادسة.

المرحلة السابعة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥١ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ويمكن اختيار (س + ص) لتقليلها وتكون التكلفة الكلية هـ في هذه الحالة **٩٣,٤٠٠** ريالا والحسابات موضحة على جدول (٥ - ١١) .

جدول (٥ - ١١) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥١ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم) و ل ب	و ل ن	الوقت الأخير (يوم) و ر ب	و ر ن	ملاحظات
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٥	٩	
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	٩	٢١	
س	ج ، ح ، د	٤*	١٤	١٨	١٤	١٨	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٧*	١٤	٢١	١٤	٢١	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٨	٢١	١٨	٢١	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢١	٢٧	٢١	٢٧	نشاط حرج
ق	س	٦	١٨	٢٤	٢١	٢٧	
ك	س	٧*	١٨	٢٥	٢٣	٣٠	
ل	س	٨	١٨	٢٦	٢٢	٣٠	
م	ك ، ل	٤*	٢٦	٣٠	٢٧	٣١	
ن	ف ، ق	٤*	٢٧	٣١	٢٧	٣١	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٥	٣١	٣٦	٣١	٣٦	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٦	٤١	٣٦	٤١	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤١	٥١	٤١	٥١	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٤١	٤٥	٤١	٤٥	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤١	٤٩	٤٣	٥١	
ج ج	أ أ	٦*	٤٥	٥١	٤٥	٥١	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

المرحلة الثامنة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٥٠ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ، ولكن تم النشاطان (س) ، (ص) ، في وقتهما العاجل ، وعلى ذلك تدرس بقية البدائل ، ويختار النشاط (هـ) وتكون التكلفة الكلية لمدة تنفيذ خمسين يوماً هي ٩٥,١٥٠ ريالاً . ويبين جدول (٥ - ١٢) حسابات الوقت الأول والأخير والأنشطة الحرجة للشبكة السهمية للمشروع تحت الدراسة .

جدول (٥ - ١٢) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٥٠ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٥	٩	نشاط حرج
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	٩	٢١	
س	ج ، ح ، د	٤*	١٤	١٨	١٤	١٨	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٧*	١٤	٢١	١٤	٢١	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٨	٢١	١٨	٢١	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢١	٢٧	٢١	٢٧	نشاط حرج
ق	س	٦	١٨	٢٤	٢١	٢٧	
ك	س	٧*	١٨	٢٥	٢٠	٢٧	
ل	س	٨	١٨	٢٦	٢٢	٣٠	
م	ك ، ل	٤*	٢٦	٣٠	٢٧	٣١	
ن	ف ، ق	٤*	٢٧	٣١	٢٧	٣١	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٤*	٣١	٣٥	٣١	٣٥	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٥	٤٠	٣٥	٤٠	نشاط حرج
ي	و	١٠	٤٠	٥٠	٤٠	٥٠	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٤٠	٤٤	٤٠	٤٤	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٤٠	٤٨	٤٢	٥٠	
ج ج	أ أ	٦*	٤٤	٥٠	٤٤	٥٠	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

المرحلة التاسعة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٤٩ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ، ويمكن كذلك اختيار النشاط الحرج (هـ) وتكون الكلفة الكلية للمرحلة التاسعة هي ٩٦,٩٠٠ ريالاً . ويبين جدول (٥ - ١٣) حسابات المرحلة التاسعة .

المرحلة العاشرة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٤٨ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ، ولكن لا يمكن اختيار النشاط (هـ) ولكن يختار النشاط الحرج (ف)

جدول (٥ - ١٣) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٤٩ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم) و ل ب	و ل ن	الوقت الأخير (يوم) و ر ب	و ر ن	ملاحظات
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٥	٩	
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	٩	٢١	
س	ج ، ح ، د	٤*	١٤	١٨	١٤	١٨	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٧*	١٤	٢١	١٤	٢١	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٨	٢١	١٨	٢١	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٦	٢١	٢٧	٢١	٢٧	نشاط حرج
ق	س	٦	١٨	٢٤	٢١	٢٧	
ك	س	٧*	١٨	٢٥	٢٠	٢٧	
ل	س	٨	١٨	٢٦	١٩	٢٧	
م	ك ، ل	٤*	٢٦	٣٠	٢٧	٣١	
ن	ف ، ق	٤*	٢٧	٣١	٢٧	٣١	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٣*	٣١	٣٤	٣١	٣٤	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٤	٣٩	٣٤	٣٩	نشاط حرج
ي	و	١٠	٣٩	٤٩	٣٩	٤٩	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٣٩	٤٣	٣٩	٤٣	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٣٩	٤٧	٤١	٤٩	
ج ج	أ أ	٦*	٤٣	٤٩	٤٣	٤٩	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

وتكون التكلفة الكلية للمشروع ٩٨,٩٠٠ ريالاً ومدة التنفيذ ٤٨ يوماً ويوضح جدول (٥ - ١٤) حسابات الوقت الأول والأخير للمرحلة العاشرة .

المرحلة الحادية عشرة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٤٧ يوماً

أصبح النشاطان (ل ، م) حرجين ، ولذا فإن التعديل في المسارات الحرجة يكون على النحو التالي :

جدول (٥ - ١٤) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٤٨ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم) الوقت الأخير (يوم)				ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٥	٩	
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	٩	٢١	
س	ج ، ح ، د	٤*	١٤	١٨	١٤	١٨	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٧*	١٤	٢١	١٤	٢١	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٨	٢١	١٨	٢١	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٥*	٢١	٢٦	٢١	٢٦	نشاط حرج
ق	س	٦	١٨	٢٤	٢٠	٢٦	
ك	س	٧*	١٨	٢٥	١٩	٢٦	
ل	س	٨	١٨	٢٦	١٨	٢٦	نشاط حرج
م	ك ، ل	٤*	٢٦	٣٠	٢٦	٣٠	نشاط حرج
ن	ف ، ق	٤*	٢٦	٣٠	٢٦	٣٠	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٣*	٣٠	٣٣	٣٠	٣٣	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٣	٣٨	٣٣	٣٨	نشاط حرج
ي	و	١٠	٣٨	٤٨	٣٨	٤٨	نشاط حرج
أ أ	و	٤	٣٨	٤٢	٣٨	٤٢	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٣٨	٤٦	٤٠	٤٨	
ج ج	أ أ	٦*	٤٢	٤٨	٤٢	٤٨	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

الثمانية مسارات الحرجة تبقى كما هي ويضاف إليها الأربعة مسارات الحرجة الآتية :

أ ـ ح ـ س ـ ل ـ م ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
ب ـ د ـ س ـ ل ـ م ـ هـ ـ و ـ أ أ ـ ج ج
أ ـ ح ـ س ـ ل ـ م ـ هـ ـ و ـ ي
ب ـ د ـ س ـ ل ـ م ـ هـ ـ و ـ ي

وبدارسة البدائل الممكنة نجد أن النشاطين (أ أ ، ي) لهما **أقل** زيادة في التكلفة وتكون التكلفة الكلية في هذه الحالة **١٠٢,٠٥٠** ريال ويبين جدول (٥ - ١٥) حسابات المشروع لمدة تنفيذ **٤٧** يوماً .

جدول (٥ - ١٥) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٤٧ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم) الوقت الأخير (يوم)				ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٦	صفر	٦	صفر	٦	نشاط حرج
ب	—	٨	صفر	٨	صفر	٨	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٥	٩	
ح	أ	٨*	٦	١٤	٦	١٤	نشاط حرج
د	ب	٦*	٨	١٤	٨	١٤	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٨	٢٠	٩	٢١	
س	ج ، ح ، د	٤*	١٤	١٨	١٤	١٨	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٧*	١٤	٢١	١٤	٢١	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٨	٢١	١٨	٢١	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٥*	٢١	٢٦	٢١	٢٦	نشاط حرج
ق	س	٦	١٤	٢٠	٢٠	٢٦	
ك	س	٧*	١٨	٢٥	١٩	٢٦	
ل	س	٨*	١٨	٢٦	١٨	٢٦	نشاط حرج
م	ك ، ل	٤*	٢٦	٣٠	٢٦	٣٠	نشاط حرج
ن	ف ، ق	٤*	٢٦	٣٠	٢٦	٣٠	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٣*	٣٠	٣٣	٣٠	٣٣	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٣	٣٨	٣٣	٣٨	نشاط حرج
ي	و	٩	٣٨	٤٧	٣٨	٤٧	نشاط حرج
أ أ	و	٣*	٣٨	٤١	٣٨	٤١	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٣٨	٤٦	٣٩	٤٧	
ج ج	أ أ	٦*	٤١	٤٧	٤١	٤٧	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

المرحلة الثانية عشرة : تقليل مدة التنفيذ إلى ٤٦ يوماً

لم تتغير المسارات الحرجة ، ولكن لا يمكن تقليل وقت البديل المكون من النشاطين (أأ ، ي)

لأن النشاط (أ أ) قد تم في ثلاثة أيام : أي في الوقت العاجل ، وعلى ذلك فليس أي اختيار آخر غير تقليل وقت النشاطين (أ ، ب) يوماً واحد لكل منهما . وتكون التكلفة الكلية في هذه الحالة ١٠٥,٥٥٠ ريال .

ويوضح جدول (٥ - ١٦) حسابات الوقت الأول والأخير للمرحلة الثانية عشرة .

جدول (٥ - ١٦) حسابات الوقت الأول والأخير
مدة التنفيذ : ٤٦ يوماً

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط	الوقت الأول (يوم)		الوقت الأخير (يوم)		ملاحظات
			و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	
أ	—	٥	صفر	٥	صفر	٥	نشاط حرج
ب	—	٧*	صفر	٧	صفر	٧	نشاط حرج
ج	—	٤*	صفر	٤	٤	٨	
ح	أ	٨*	٥	١٣	٥	١٣	نشاط حرج
د	ب	٦*	٧	١٣	٧	١٣	نشاط حرج
ر	ب ، ج	١٢	٧	١٩	٨	٢٠	
س	ج ، ح ، د	٤*	١٣	١٧	١٣	١٧	نشاط حرج
ص	ج ، ح ، د	٧*	١٣	٢٠	١٣	٢٠	نشاط حرج
ع	س	٣*	١٧	٢٠	١٧	٢٠	نشاط حرج
ف	ر ، ص ، ع	٥*	٢٠	٢٥	٢٠	٢٥	نشاط حرج
ق	س	٦	١٧	٢٣	١٩	٢٥	
ك	س	٧*	١٧	٢٤	١٨	٢٥	
ل	س	٨	١٧	٢٥	١٧	٢٥	نشاط حرج
م	ك ، ل	٤*	٢٥	٢٩	٢٥	٢٩	نشاط حرج
ن	ف ، ق	٤*	٢٥	٢٩	٢٥	٢٩	نشاط حرج
هـ	م ، ن	٣*	٢٩	٣٢	٢٩	٣٢	نشاط حرج
و	هـ	٥*	٣٢	٣٧	٣٢	٣٧	نشاط حرج
ي	و	٩	٣٧	٤٦	٣٧	٤٦	نشاط حرج
أ أ	و	٣*	٣٧	٤٠	٣٧	٤٠	نشاط حرج
ب ب	و	٨	٣٧	٤٥	٣٨	٤٦	
ج ج	أ أ	٦*	٤٠	٤٦	٤٠	٤٦	نشاط حرج

* لا يمكن تقليل وقت هذه الأنشطة .

ملاحظات عامة حول التقليل على مراحل :

١ - تم تنفيذ المشروع في ٤٦ يوماً وبتكلفة كلية مقدارها ١٠٥,٥٥٠ ريال وهي أقل من مثيلتها والناتجة من حسابات الوقت العاجل (١١٣,٨٠٠ ريال) . ويرجع ذلك إلى أنه في حالة التقليل على مراحل لم تتم كل الأنشطة في وقتها العاجل ، بل كان ذلك على أساس الأنشطة التي تؤدي إلى تقليل مدة التنفيذ يوماً واحداً (أي الأنشطة الحرجة) وبأقل زيادة في التكلفة ، أما في حالة الوقت العاجل فقد تمت كل الأنشطة في وقتها العاجل .

٢ - لا يمكن تقليل وقت المشروع عن ٤٦ يوماً . ويبين جدول (٥ - ١٦) حسابات المرحلة الثانية عشرة والتي لم تتغير فيها المسارات الحرجة عن المرحلة السابقة ، ولكن لا يوجد أي نشاط أو مجموعة أنشطة يمكن تقليل وقتها ، ويؤدي ذلك إلى تقليل وقت المشروع ، بل يمكن تقليل وقت بعض الأنشطة ، (أي زيادة في التكلفة) دون أن يؤثر ذلك على مدة التنفيذ لأنه لم يتم التقليل على كل المسارات الحرجة .

وعلى ذلك يمكن القول بأنه يستفاد من حسابات الوقت العاجل للمشروع في تحديد الحد الأدنى لمدة تنفيذ المشروع أما حساب التكلفة فيتم بعد ذلك بطريقة التقليل على مراحل .

٣ - عند الرغبة في تقليل مدة التنفيذ بمقدار معين من الوحدات الزمنية ، تتبع طريقة التقليل على مراحل حتى الوصول إلى مدة التنفيذ المطلوبة .

٥ - ٣ حسابات التكلفة الدنيا بطريقة « فونداِل »

وضح من الجزء السابق أنه للحصول على التكلفة الدنيا يلزم تقليل مدة تنفيذ المشروع بمقدار وحدة زمنية واحدة في كل خطوة ، وتتميز طريقة « فوندال » بأنه يمكن تقليل أكثر من وحدة زمنية واحدة في الخطوة الواحدة مما يسبب وفراً في عدة خطوات . وتعتمد هذه الطريقة أساساً على تحديد « حدود الشبكة » والتي بها يمكن استنتاج عدد الوحدات الزمنية التي يمكن تقليلها بدون أن يتأثر المسار (المسارات) الحرج . وتتلخص خطوات هذه الطريقة في التالي :

١ - تبدأ كل دورة بتحديد النشاط أو البدائل التي تعطي أقل زيادة في التكلفة وذلك من المسار الحرج وقائمة الأنشطة التي يمكن اختيارها .

٢ - يدون هذا الاختيار بجدول الملخص .

٣ - تحسب حدود الشبكة من جدول حسابات حدود الشبكة .

٤ - تدون حدود الشبكة بجدول الملخص .

٥ - تحديث جدول حسابات حدود الشبكة .

٦ - تحديث الشبكة .

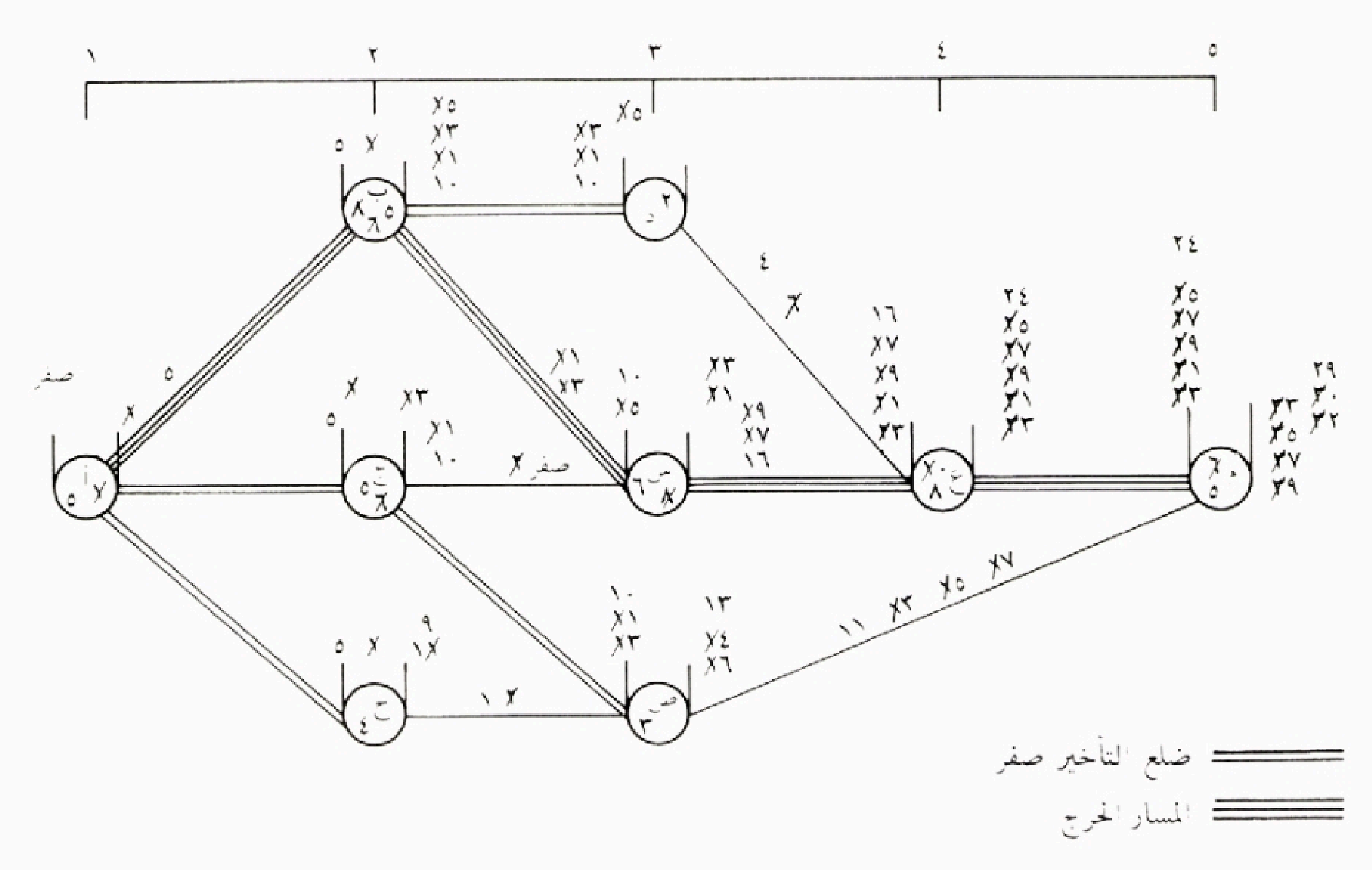
٧ - تحديث قائمة بدائل الأنشطة .

٨ - تحديث المسار الحرج .

وتتكرر الخطوات من (١) إلى (٨) عدداً من المرات حتى الوصول إلى التقليل المطلوب في حالة التقليل الجزئي أو حتى نجد أنه لا يمكن تقليل مدة التنفيذ . وستوضح هذه الطريقة عن طريق شبكة مشروع مبينة على شكل (٥ - ٤) وقائمة النشاط مع التكلفة بجدول (٥ - ١٧) .

جدول (٥ - ١٧) قائمة الوقت والتكلفة للمشروع

رمز النشاط	الوقت (يوم)		التكلفة (بالألف ريال)		ت	ك (ريال لكل يوم)
	الطبيعي	العاجل	الطبيعية	العاجلة		
أ	٧	٥	١٥	١٦	٢	٥٠٠
ب	٨	٥	١٢	١٥	٣	١٠٠٠
ج	٦	٤	٦	٩	٢	١٥٠٠
ح	٤	٤	٥	٥	—	—
د	٢	١	٣	٦	١	٣٠٠٠
س	٨	٦	٨	٨,٨	٢	٤٠٠
ص	٣	٣	٤	٤	—	—
ع	١٠	٨	١٢	١٦	٢	٢٠٠٠
م	٦	٥	٧	٨,٢	١	١٢٠٠



شكل (٥ - ٤) الشبكة التتابعية للمشروع

للبدء في حسابات تقليل مدة تنفيذ المشروع يوضع صفر في أول عامود بجدول (٥ - ١٨) والتكلفة الكلية في الجهة المقابلة له .

وترتب الأنشطة بطريقة تصاعدية وفقاً لمعدل الزيادة في التكلفة وذلك بجدول (٥ - ١٩) ويوضع صفر أمام كل نشاط ومعدل الزيادة الخاصة به في العامود المجاور ليبين أن النشاط حرج وبعد ذلك يوضع الوقت الطبيعي للنشاط والفرق بين الوقت العاجل والطبيعي . ويبين جدول (٥ - ٢٠) تسلسل الخطوات ، وأمام كل خطوة الأنشطة المشتركة فيها ثم المسار الحرج وذلك للدورة الأولية . أما جدول (٥ - ٢١) فيبين حسابات الضلع وهي الوقت الأول للبدء والوقت الأول للانتهاء وضلع التأخير .

الدورة الأولى

يتبين من جدول (٥ - ٢٠) أنه يوجد مسار حرج واحد . وأن النشاط (س) له أقل زيادة في التكلفة . توضع علامة (×) أمام النشاط تحت الدورة رقم (١) وتسجل بأسفله قيمة الزيادة في التكلفة وذلك بجدول (٥ - ١٩) . وتسجل هذه القيم بجدول الملخص ألا وهي قيمة Δت ، ك .

تحسب في الخطوة التالية « حدود الشبكة » وهي تمثل الحد الأقصى لبدء الوحدات الزمنية التي يمكن انتقاصها في حالة تقليل النشاط تحت الدراسة . وتوضع (>>) أمام النشاط الذي سيقل ، وهو في هذه الحالة (س) ، ونجد أن و ل ن للنشاط (ع) ستتغير لأن ضلع التأخير بين س ، ع يساوي صفراً ، وإذا تغيرت و ل ن فإن و ل ب للنشاط (م) ستتغير . ونتيجة لتغير (ع) فإن ضلع التأخير بين د ، ع سيتغير ، وعلى هذا فتوضع علامة (>) على النشاط ع ، م . وتعرف حدود الشبكة بأنها مساوية لضلع التأخير الذي توجد فيه علامة (>) واحدة ، وإذا تعددت (>) واحدة لأكثر من ضلع تأخير فتؤخذ القيمة الدنيا ، أما إذا لم توجد (>) واحدة في أي ضلع تأخير فلا يكون للشبكة حدود . وتساوي حدود الشبكة في هذه الحالة ستة أيام . نختار القيمة الأقل بين Δت ، حدود الشبكة وتجرى الإجراءات اللازمة لبقية الجداول . تدون بيانات الملخص بجدول (٥ - ١٨) وكذلك بيانات النشاط بجدول (٥ - ١٩) وتحسب قيمة ضلع التأخير د - ع لأنه الضلع الوحيد الذي تغير .

الدورة الثانية

يبين جدول (٥ - ٢٠) أن المسار الحرج لم يتغير ولكن وضعت علامة على النشاط (س) تدل على أنه لا يمكن تقليله بعد ذلك ، وعلى ذلك فيختار النشاط (أ) من جدول (٥ - ١٩) وتدون بياناته بجدول (٥ - ١٨) وتحسب حدود الشبكة من جدول (٥ - ٢١) ويتبين أن الشبكة ليس لها حدود وعلى ذلك يقلل وقت المشروع يومين والتي تمثل الحد الأقصى لتقليل النشاط الحرج (أ) .

جدول (٥ - ١٨) ملخص الحسابات

رقم الدورة	البدائل			Δت			حدود الشبكة	عدد الأيام المنتقصة	ك ريال/يوم	الزيادة في الكلفة	الكلفة الكلية	مدة التنفيذ
	١	٢	٣	١	٢	٣						
صفر											٧٢٠٠٠	٣٩
١	س			٢			٦	٢	٤٠٠	٨٠٠	٧٢٨٠٠	٣٧
٢	أ			٢			لا حدود	٢٠	٥٠٠	١٠٠٠	٧٣٨٠٠	٣٥
٣	ب			٣			٢	٢	١٠٠٠	٢٠٠٠	٧٥٨٠٠	٣٣
٤	م			١			لا حدود	١	١٢٠٠	١٢٠٠	٧٧٠٠٠	٣٢
٥	ع			٢			١٣	٢	٢٠٠٠	٤٠٠٠	٨١٠٠٠	٣٠
٦	ب	ج		١	٢		٢	١	٢٥٠٠	٢٥٠٠	٨٣٥٠٠	٢٩
	تم الأنشطة كلها في وقتها العاجل										٨٨٠٠٠	٢٩

جدول (٥ - ١٩) تحديد النشاط

ت/ Δت						Δت	ت	تسلسل	النشاط	ك	رمز	البديل المختار					
٦	٥	٤	٣	٢	١	يوم	يوم	الدورات	الحرج	ريال / يوم	النشاط	١	٢	٣	٤	٥	٦
						-	٤	صفر		—	ح						
						-	٣	صفر		—	ص						
					٠/٦	٢	٨	١	صفر	٤٠٠	س	×					
				٠/٥		٢	٧	٢	صفر	٥٠٠	أ		×				
٠/٥			١/٦			٣	٨	٣	صفر	١٠٠٠	ب			×			×
		٠/٥				١	٦	٤	صفر	١٢٠٠	م				×		
١/٥						٢	٦	٥		١٥٠٠	ج						×
	٠/٨					٢	١٠	٦	صفر	٢٠٠٠	ع					×	
						١	٢			٣٠٠٠	د						

٤٠٠ ٥٠٠ ١٠٠٠ ١٢٠٠ ٢٠٠٠ ٢٥٠٠

جدول (٥ - ٢٠) المسارات الحرجة بعد كل دورة

تسلسل الخطوات	النشاط	المسار الحرج										
		صفر	١	٢	٣		٤		٥		٦	
١	أ	أ	أ	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~	~~أ~~
٢	ب ، ج ، ح	ب	ب	ب	ب	ج	ب	ج	ب	ج	~~ب~~	ج
٣	د ، س ، ص	س	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~	~~س~~
٤	ع	ع	ع	ع	ع	ع	ع	ع	~~ع~~	~~ع~~	~~ع~~	~~ع~~
٥	م	م	م	م	م	م	~~م~~	~~م~~	~~م~~	~~م~~	~~م~~	~~م~~

جدول (٥ - ٢١) حسابات حدود الشبكة

رقم الدورة					١			٢			٣			٤			٥			٦		
رمز النشاط المختار					س			أ			ب			م			ع			ب ، ج		
حدود الشبكة					٦			لا حدود			٢			لا حدود			١٣			٢		
عدد الأيام المنتقصة					٢			٢			٢			١			٢			١		
الضلع				ضلع التأخير			ضلع التأخير			ضلع التأخير			ضلع التأخير			ضلع التأخير			ضلع التأخير			ضلع التأخير
من	إلى	و ل ن	و ل ب		من	إلى		من	إلى		من	إلى		من	إلى		من	إلى		من	إلى	
أ	ب	٧	٧	٠				≪	<													
أ	ج	٧	٧	٠				≪	<													
أ	ح	٧	٧	٠				≪	<													
ب	د	١٥	١٥	٠				<	<		≪	<								≪	<	
ب	س	١٥	١٥	٠				<	<		≪	<								≪	<	
ج	س	١٣	١٥	٢				<	<			⊘								≪	<	
ج	ص	١٣	١٣	٠				<	<											≪	<	
ح	ص	١١	١٣	٢				<	<												⊘	١
د	ع	١٧	٢٣	٦		⊘	٤	<	<		<	<								<	<	
س	ع	٢٣	٢٣	٠	≪	<		<	<		<	<								<	<	
ص	م	١٦	٣٣	١٧		⊘	١٥	<	<			⊘	١٣					<	١١	<	<	
ع	م	٣٣	٣٣	٠	<	<		<	<		<	<					≪	<		<	<	

الدورة الثالثة

لا يوجد تغيير في المسار الحرج وعلى ذلك يختار النشاط الحرج (ب) ويجري تحديث للبيانات .

ويتبين أن حدود الشبكة يومان والحد الأقصى لتقليل النشاط (ب) ثلاثة أيام فيختار يومين . وتجرى بقية الحسابات وتدون بالجداول المناظرة .

الدورة الرابعة

يوجد الآن مساران حرجان بعد أن أصبح النشاط (ج) حرجاً . وبدراسة البدائل المختلفة يستنتج أن النشاط الحرج المختار هو النشاط (م) . لا توجد حدود للشبكة فيقلل النشاط (م) إلى الحد الأقصى له ويعادل يوماً واحداً .

الدورة الخامسة

لم يتغير المساران الحرجان والبديل الأمثل في التكلفة هو النشاط (ع) وتحسب حدود الشبكة ويتم بعد ذلك تحديث البيانات بالمشروع .

الدورة السادسة

لم يتغير المساران الحرجان والبديل الأقل في التكلفة هو المكون من النشاطين ب ، ج ، حدود الشبكة يومان ، والحد الأقصى لتغيير النشاط (ب) يوماً واحداً ، أما (ج) فيومان ، ويختار يوم واحد فقط .

بعد الانتهاء من الدورة السادسة ، يلاحظ أن المسارين الحرجين لم يتغيرا ، وكذلك لا يمكن تقليل وقت المشروع حيث لا توجد أنشطة حرجة يمكن اختيارها بحيث تقلل مدة تنفيذ المشروع . فتكون مدة تنفيذ المشروع الدنيا هي تسعة وعشرون يوماً وبتكلفة مقدارها ٨٣,٥٠٠ ريال على أساس طريقة « فوندال » .

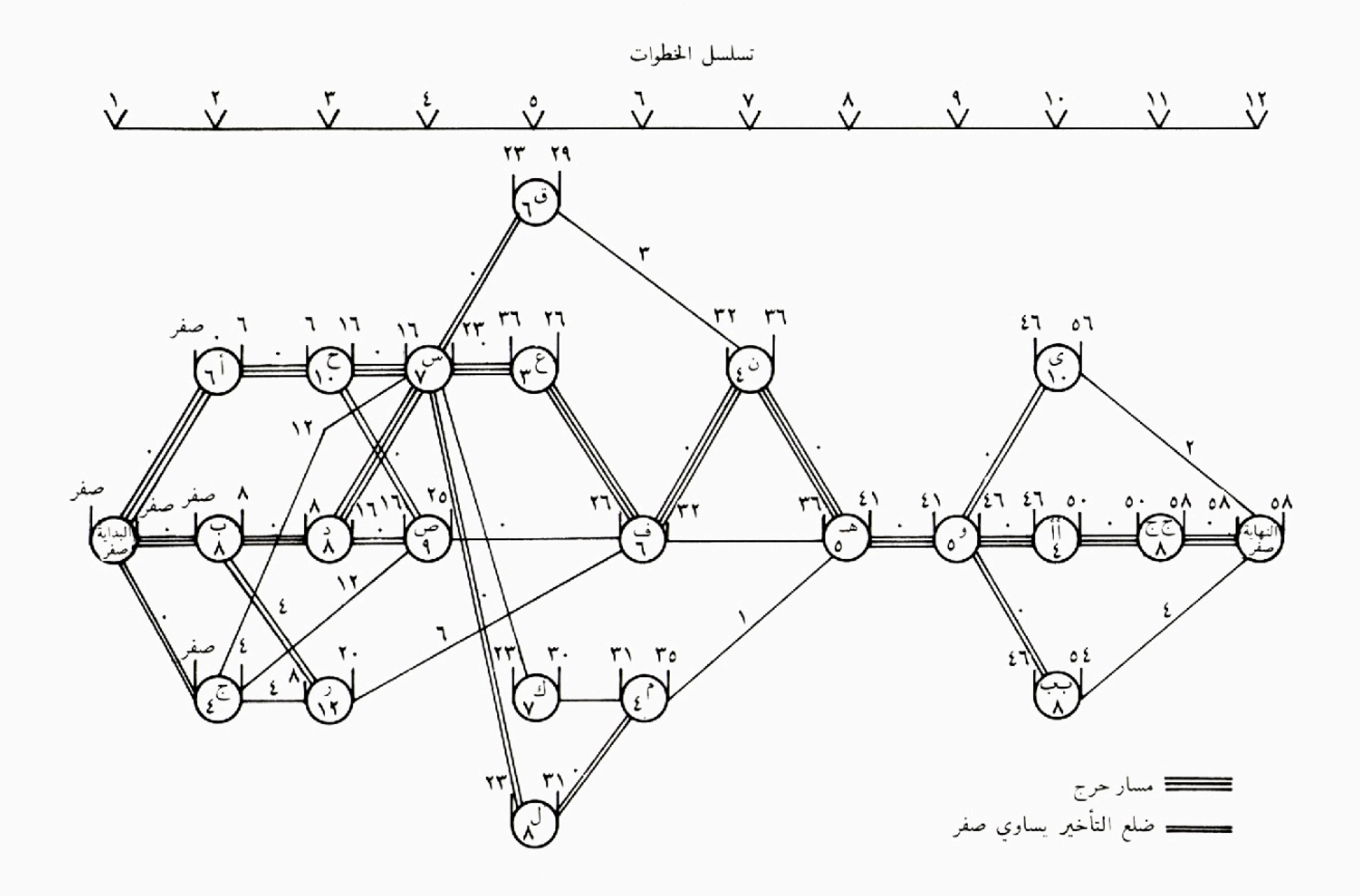
يلاحظ أنه باستخدام طريقة «فوندال» قد قلت مدة تنفيذ المشروع عشرة أيام على ست مراحل فقط بدلاً من عشر مراحل . ومن هنا تتميز طريقة «فوندال» عندما تكون الشبكة كبيرة ومدة التقليل طويلة . ولمزيد من الإيضاح فإنه سيتم عمل المشروع المقدم بالجزء (٥ - ٢) بطريقة « فوندال » وبرسم الشبكة التتابعية . ويبين جدول (٥ - ٢٢) البيانات الخاصة بالشبكة التتابعية وشكل (٥ - ٥) الشبكة التتابعية للمشروع وقد تم عليها حساب الوقت الأول وضلع التأخير .

يتم إعداد الجداول المتبعة وهي جداول (٥ - ٢٢) لملخص الحسابات ، وجدول (٥ - ٢٤) لتحديد النشاط الذي سيتم تقليله ، وجدول (٥ - ٢٥) لتحديد المسارات الحرجة وجدول (٥ - ٢٦) لحساب حدود الشبكة .

يلاحظ أن الطريقتان متفقتين في الدورات ولكن تتسم طريقة « فوندال » بالاختصار في عدد الدورات (٨ دورات) وكذلك في الحسابات ، إذ أنها بسيطة للغاية ولذا يفضل استخدام طريقة « فوندال » ، خاصة إذا أريد تقليل مدة تنفيذ المشروع فترة زمنية طويلة .

جدول (٥ - ٢٢) بيانات الشبكة التتابعية للمشروع

رمز النشاط	وقت النشاط (يوم)		تكلفة النشاط (بالألف ريال)		Δت (يوم) (الوقت العاجل - الوقت الطبيعي)	ك (ريال - يوم)
	الطبيعي	العاجل	الطبيعي	العاجل		
أ	٦	٤	٥	٨	٢	١٥٠٠
ب	٨	٧	٦,٥	٨,٥	١	٢٠٠٠
ج	٤	٤	٧	٧	—	—
ح	١٠	٨	٢,٨	٤	٢	٦٠٠
د	٨	٦	١,٥	٣	٢	٧٥٠
ر	١٢	٧	٧	٨,٥	٥	٣٠٠
س	٧	٤	٢,٥	٥	٣	٨٣٣
ص	٩	٧	٣,٨	٥,٥	٢	٨٥٠
ع	٣	٣	٣,٥	٣,٥	—	—
ف	٦	٥	٤	٦	١	٢٠٠٠
ق	٦	٥	٤,٥	٥,٥	١	١٠٠٠
ك	٧	٧	٦,٥	٦,٥	—	—
ل	٨	٧	٢	٣,٥	١	١٥٠٠
م	٤	٤	٢,٥	٢,٥	—	—
ن	٤	٤	٦	٦	—	—
هـ	٥	٣	٥,٥	٩	٢	١٧٥٠
و	٥	٥	٢,٨	٢,٨	—	—
ي	١٠	٨	٣	٥,٥	٢	١٢٥٠
أ أ	٤	٣	١,٦	٣,٥	١	١٩٠٠
ب ب	٨	٦	٢,٥	٥	٢	١٢٥٠
ج ج	٨	٦	٤	٦	٢	١٠٠٠



شكل (٥ - ٥) الشبكة التتابعية للمشروع

جدول (٥ - ٢٣) ملخص الحسابات

رقم الدورة	البدائل ١	البدائل ٢	البدائل ٣	البدائل ٤	Δت ١	Δت ٢	Δت ٣	Δت ٤	حدود الشبكة	عدد الأيام المتبقية	ك ريال/يوم	الزيادة في الكلفة	الكلفة الكلية (ريال)	مدة التنفيذ (يوم)
صفر													٨٤٥٠٠	٥٨
١	س				٣				١	١	٨٣٣	٨٣٣	٨٥٣٣٣	٥٧
٢	ج ج				٢				٢	٢	١٠٠٠	٢٠٠٠	٨٧٣٣٣	٥٥
٣	ح	د			٢	٢			٦	٢	١٣٥٠	٢٧٠٠	٩٠٠٣٣	٥٣
٤	س	ص			٢	٢			٣	٢	١٦٨٣	٣٣٦٧	٩٣٤٠٠	٥١
٥	هـ				٢				لا حدود	٢	١٧٥٠	٣٥٠٠	٩٦٩٠٠	٤٩
٦	ف				١				١	١	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٩٨٩٠٠	٤٨
٧	أ أ	ي			١	٢			٢	١	٣١٥٠		١٠٢,٠٥٠	٤٧
٨	أ	ب			٢	١			٤	١	٣٥٠٠		١٠٥,٥٥٠	٤٦
الكلفة على أساس إنجاز كل الأنشطة في وقتها العاجل													١١٣,٨٠٠	٤٦

يمكن باستخدام نفس الطرق تقريباً زيادة مدة التنفيذ على أساس البدء من الشبكة وكل أنشطتها تتم في وقتها العاجل ثم يزاد الوقت بنفس الطريقة مع تغيير بسيط في الخطوط .

جدول (٥ - ٢٤) تحديد النشاط

ت / Δت ٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	ت يوم	ت يوم	تسلسل الدورات	النشاط الحرج	ك ريال/ يوم	رمز النشاط	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
								-	٤			-	ح								
								-	٣		صفر	-	ع								
								-	٧			-	ك								
								-	٤			-	م								
								-	٤		صفر	-	ن								
								-	٥		صفر	-	و								
								٥	١٢			٣٠٠	ز								
					٠/٨			٢	١٠	٣	صفر	٦٠٠	ح			×					
					٠/٦			٢	٨	٣	صفر	٧٥٠	د			×					
				٠/٤			٢/٦	٣	٧	١	صفر	٨٣٣	س	×			×				
				٠/٧				٢	٩	٤		٨٥٠	ص				×				
								١	٦			١٠٠٠	ق								
						٠/٦		٢	٨	٢	صفر	١٠٠٠	ج ج		×						
	١/٩							٢	١٠			١٢٥٠	ي							×	
								٢	٨			١٢٥٠	ب ب								
١/٥								٢	٦		صفر	١٥٠٠	أ								×
								١	٨			١٥٠٠	ل								
			٠/٣					٢	٥	٥	صفر	١٧٥٠	هـ					×			
	٠/٣							١	٤		صفر	١٩٠٠	أ أ							×	
٠/٧								١	٨		صفر	٢٠٠٠	ب								×
		٠/٥						١	٦		صفر	٢٠٠٠	ف						×		

٨٣٣ ١٠٠٠

١٣٥٠

جدول (٥ - ٢٥) المسارات الحرجة

تسلسل الخطوات	النشاط	المسار الحـــرج													
		صفر		١				٢							
١	البداية	البداية	البداية	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
٢	أ ، ب ، ج	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب
٣	ج ، د ، ر	ح	د	ح	د	ح	د	ح	د	ح	د	ح	د	ح	د
٤	س ، س	س	س	س	س	ص	ص	س	س	ص	ص	س	س	ص	ص
/٥	ق ، ع ، ك ، ل	~~ك~~	~~ك~~	~~ك~~	~~ك~~			~~ك~~	~~ك~~			~~ك~~	~~ك~~		
٦	ف ، م	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف
٧	ن	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~
٨	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ
٩	و	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~
١٠	ي ، أأ ، ب ب	أأ	أأ	أأ	أأ	أأ	أأ	أأ	أأ	أأ	أأ	ي	ي	ي	ي
١١	خ خ	خ خ	خ خ	خ خ	خ خ	خ خ	خ خ	~~خ خ~~	~~خ خ~~	~~خ خ~~	~~خ خ~~				
١٢	النهاية	النهاية	النهاية	النهاية	النهاية	النهاية	النهاية	النهـــايـــة							

٣								٤							
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب
~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~	~~ح~~	~~ر~~
س	س	ص	ص	س	س	ص	ص	~~س~~	~~ص~~	~~س~~	~~ص~~	س	~~ص~~	~~س~~	~~ص~~
~~ع~~	~~ع~~			~~ع~~	~~ع~~			~~ع~~	~~ع~~			~~ع~~	~~ع~~		.
ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف
~~ك~~	~~ك~~	~~ن~~	~~ك~~	~~ك~~	~~ك~~	~~ن~~	~~ك~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	~~ن~~	ن	ن	~~ك~~	ن
هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ	هـ
~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	~~و~~	و	~~و~~	~~و~~	~~و~~	و	~~و~~	~~و~~	~~و~~
ا ا	ا ا	ا ا	ا ا	ي	ي	ي	ي	ا ا	ا ا	ا ا	ا ا	ي	ي	ي	ي
~~جـج~~	~~جـج~~	~~جـج~~	~~جـج~~					~~جـج~~	~~جـج~~	~~جـج~~	~~جـج~~				
النهايـة								النهايـة							

تابع جدول (٥ - ٢٥) المسارات الحرجة

تسلسل الخطوات	النشاط	المسار الحـــرج																			
		٥								٦											
١	البداية	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
٢	أ ، ب ، ج	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب
٣	ج ، د ، ر	ج̸	د	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/	ج̸	/
٤	س ، ص	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸	س̸	ص̸
٥/	ق ، ع ، ك ، ل	ع̸	ع̸			ع̸	ع̸			ع̸	ع̸			ع̸	ع̸			ل	ل	ل	ل
٦	ف ، م	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف̸	ف̸	ف̸	ف̸	ف̸	ف̸	ف̸	ف̸	م̸	م̸	م̸	م̸
٧	ن	ن̸	ن̸	ن	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸	ن̸				
٨	هـ	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸	هـ̸
٩	و	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸	و̸
١٠	ي . أأ . ب ب	أأ	أأ	أأ	أأ	ي	ي	ي	ي	أأ	أأ	أأ	أأ	ي	ي	ي	ي	أأ	أأ	ي	ي
١١	ح ح	ح̸ح̸	ح̸ح̸	ح̸ح̸	ح̸ح̸					ح̸ح̸	ح̸ح̸	ح̸ح̸	ح̸ح̸					ح̸ح̸	ح̸ح̸		
١٢	النهاية	النهاية								النهـايـــة											

٨												٧											
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
/	أ	/	أ	/	أ	/	أ	/	أ	/	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ل	ل	ل	ل			/	/			/	/	ل	ل	ل	ل			/	/			/	/
م	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				ن	ن	ن	/	/	/	/	/					/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ي	ي	/	/	ي	ي	ي	ي	/	/	/	/	ي	ي	/	/	ي	ي	ي	ي	/	/	/	/
		/	/					/	/	/	/			/	/					/	/	/	/
النهايـــة												النهايـــة											

جدول (٥ - ٢٦) حسابات حدود الشبكة

رقم الدورة					١			٢			٣		
رمز النشاط المختار					س			ج ج			ج ، د		
حدود الشبكة					١			٢			٦		
عدد الأيام المنتقصة					١			٢			٢		
الضلع				ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير
من	إلى	و ل ن	و ل ب										
صفر	أ	صفر	صفر	٠									
صفر	ب	صفر	صفر	٠									
صفر	ج	صفر	صفر	٠									
أ	ح	٦	٦	٠									
ب	د	٨	٨	٠									
ب	ر	٨	٨	٠									
ج	ر	٤	٨	٤									
ج	س	٤	١٦	١٢									
ج	ص	٤	١٦	١٢									
ح	س	١٦	١٦	٠							≪	<	
ح	ص	١٦	١٦	٠							≪	<	
د	س	١٦	١٦	٠							≪	<	
د	ص	١٦	١٦	٠							≪	<	
ر	ف	٢٠	٢٦	٦		<	٥					<	٣
س	ق	٢٣	٢٣	٠	≪	<					<	<	
س	ع	٢٣	٢٣	٠	≪	<					<	<	
س	ك	٢٣	٢٣	٠	≪	<					<	<	
س	ل	٢٣	٢٣	٠	≪	<					<	<	
ص	ف	٢٥	٢٦	١		<					<	<	
ق	ن	٢٩	٣٢	٣	<	<					<	<	
ع	ف	٢٦	٢٦	٠	<	<					<	<	
ك	م	٣٠	٣١	١	<	<					<	<	
ل	م	٣١	٣١	٠	<	<					<	<	
ف	ن	٣٢	٣٢	٠	<	<					<	<	
م	هـ	٣٥	٣٦	١	<	<					<	<	
ن	هـ	٣٦	٣٦	٠	<	<					<	<	
هـ	و	٤١	٤١	٠	<	<					<	<	
و	ي	٤٦	٤٦	٠	<	<					<	<	
و	ب ب	٤٦	٤٦	٠	<	<					<	<	
و	أ أ	٤٦	٤٦	٠	<	<					<	<	
أ أ	ج ج	٥٠	٥٠	٠	<	<					<	<	
ي	النهاية	٥٦	٥٨	٢	<	<			<	٠	<	<	
ب ب	النهاية	٥٤	٥٨	٤	<	<			<	٢	<	<	
ج ج	النهاية	٥٨	٥٨	٠	<	<		≪	<		<	<	

تابع جدول (٥ - ٢٦) حسابات حدود الشبكة

٤ س ، ص ٣ ٢			٥ هـ لا حدود ٢			٦ ف ١ ١			٧ أ أ ، ي ٢ ١			٨ أ ، ب ٤ ١		
من	إلى	ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير	من	إلى	ضلع التأخير
												≪	<	
												≪	<	
												≪	<	
													<	
													<	
													<	
												<	<	
												<	<	
												<	<	
												<	<	
	<	١										<	<	
≪	<											<	<	
≪	<											<	<	
≪	<											<	<	
≪	<											<	<	
≪	<											<	<	
<	<						<	٢				<	<	
<	<											<	<	
<	<											<	<	
<	<											<	<	
<	<					≪	<					<	<	
<	<						<	.				<	<	
<	<					<	<					<	<	
<	<		≪	<		<	<					<	<	
<	<		<	<		<	<					<	<	
<	<		<	<		<	<					<	<	
<	<		<	<		<	<					<	<	
<	<		<	<		<	<		≪	<		<	<	
<	<		<	<		<	<		≪	<		<	<	
<	<		<	<		<	<			<	١	<	<	
<	<		<	<		<	<		<	<		<	<	

تمـــارين

٥ - ١ يبين الجدول التالي رمز النشاط ، ووقته الطبيعي والعاجل والتكلفة المباشرة الطبيعية والعاجلة ويراد حساب التالي :

أ - التكلفة الطبيعية ومدة تنفيذ المشروع .

ب - الحد الأقصى لتقصير مدة تنفيذ المشروع والتكلفة الدنيا لهذا الوقت .

رمز النشاط	يعتمد على	الوقت (يوم)		الكلفة (ريال)	
		الطبيعي	العاجل	الطبيعي	العاجل
أ	—	٨	٥	٧٩٠٠	١١٢٠٠
ب	—	٤	٢	٥١٠٠	٧٠٨٠
ج	أ	٣	٣	٢٦٠٠	٢٦٠٠
د	أ	٦	٢	٤٨٠٠	٩٤٠٠
هـ	ب ، ج	٥	٣	٦٢١٠	٨٨٤٠
س	د	٤	١	٩٥٠	٢٣٠٠
ص	د ، هـ	٣	٢	٢١٠٠	٢٥٠٠
ع	د	٦	٥	٦٢٠٠	٧٠٠٠
ك	س ، ص	٨	٨	٨٤٠٠	٨٤٠٠
ل	د ، هـ	١١	٧	٩٠٠٠	١١٠٠٠

٥ - ٢ ارسم الشبكة التتابعية للمشروع التالي . ويراد تقليل مدة تنفيذ المشروع أربعة أيام باستخدام طريقة « فوندال » .

احسب المرونة الوقتية الكلية والمرونة الوقتية الحرة بعد تقليل مدة المشروع .

رمز النشاط	يعتمد على	الوقت (يوم)		الكلفة (بالألف ريال)	
		الطبيعي	العاجل	الطبيعية	العاجلة
أ	—	١٦	١٢	٩	١٤
ب	—	٤	٢	٥	٧,٢
ج	—	٨	٧	٦,٦	٧,٤
د	أ ، ب	١٠	٩	١٢	١٤
هـ	أ ، ب	٦	٥	٧	٧,٧٥
و	د	٤	٣	٥	٨
س	د ، هـ	٥	٢	٤	٦,٨
ص	ح ، هـ	٧	٦	٦,٨	٨,٤
ع	س	١٢	١٢	٥	٥
ل	ع ، س	٨	٥	٦	٣
م	ع	٦	٦	٣	٣
ن	ع	٤	٢	٦	٩,٤
هـ	م	٥	٢	٢	٦,٥
و	م	٣	٢	٦	٦,٣
ي	ن ، هـ	٢	٢	١,٥	١,٥
ح	و ، ي	٢	٢	٣	٣
ط	ح	٢	١	٣	٣,٩
ف	ح	٣	١	٥	٦,٢

٥ - ٣ يوضح التالي تسلسل مشروع ما ، وكذلك الوقت الطبيعي والعاجل والكلفة الخاصة بكل نشاط .

المطلوب حساب الزيادة في الكلفة المقابلة للحد الأدنى لمدة تنفيذ المشروع وذلك باستخدام طريقة « فوندال » .

رمز النشاط	يعتمد على	الوقت (يوم)		الكلفة (بالألف ريال)	
		الطبيعي	العاجل	الطبيعي	العاجل
أ	—	٨	٥	٦	أنظر الجدول المرفق
ب	—	٥	٣	٤	٥,٢
ح	أ	٤	٢	٥	٧,٤
د	أ	٦	٣	٨	أنظر الجدول المرفق
هـ	أ	٥	٥	٣	٣
س	ح	٧	٦	٨	٩,٨
ص	د	٣	٢	٣	٥
ع	هـ	٤	٢	٥	٨,٨
ل	ب ، هـ	٣	٣	٤	٤
م	ب ، س ، ص	٢	١	١,٢	٢
ن	ع	٥	٣	٣	٤,٦
هـ	م	٧	٣	٥	أنظر الجدول المرفق
و	ل ، ن	٤	٢	٤	٦,٤
ك	ع ، ل	٢	٢	٢,٥	٢,٥

يبين التالي العلاقة بين وقت التنفيذ والكلفة للنشاط :

النشاط (أ)

الوقت (يوم)	٨	٧	٦	٥
الكلفة (ألف ريال)	٦	٦,٨	٨	٩,٦

النشاط (د)

الوقت (يوم)	٦	٥	٤	٣
الكلفة (ألف ريال)	٨	٩	١٠,٤	١٢

النشاط (هـ)

الوقت (يوم)	٧	٦	٥	٤	٣
الكلفة (ألف ريال)	٥	٥,٧	٧	٨,٦	١١

٥ - ٤ المطلوب تقليل الوقت الكلي للمشروع التالي أربعة أيام . أحسب الكلفة الطبيعية والحد الأدنى للزيادة في الكلفة بعد تقصير مدة تنفيذ المشروع .

النشاط	يعتمد على	الطبيعي		العاجل	
		الوقت (يوم)	الكلفة (ريال)	الوقت (يوم)	الكلفة (ريال)
أ	—	٥	٥٠٠٠	٥	٥٠٠٠
ب	أ	٧	٧٠٠٠	٦	٧٥٠٠
ح	أ	٥	٣٥٠٠	٣	٥١٠٠
د	أ	٧	٨٠٠٠	٦	٩١٠٠
هـ	ب	٨	٧٥٠٠	٦	٩١٠٠
و	ب ، ح ، د	٤	٦٠٠٠	٢	٧٠٠٠
س	ب ، ح ، د	٨	٩٠٠٠	٦	١٠٤٠٠
ص	د	٦	٤٠٠٠	٤	٥٠٠٠
ع	و ، س	٧	٦٠٠٠	٤	٧٢٠٠
ل	هـ ، و ، س ، ص	١٠	٤٠٠٠	٩	٧٤٠٠
م	ل	٩	٥٠٠٠	٩	٥٠٠٠

٥ - ٥ أحسب الحد الأدنى في الزيادة في الكلفة ، إذا أريد تقليل الوقت الطبيعي للمشروع يومين . هل يمكن تقليل الوقت الطبيعي للمشروع عشرة أيام ؟

النشاط	يعتمد على	الطبيعي		العاجل	
		الوقت (يوم)	الكلفة (ريال)	الوقت (يوم)	الكلفة (ريال)
أ	—	٥	٥٠٠٠	٣	٧٠٠٠
ب	—	٦	٨٠٠٠	٦	٨٠٠٠
ح	أ ، ب	٤	٦٠٠٠	٣	٦٧٠٠
د	ب	٤	٦٠٠٠	٣	٦٨٠٠
هـ	ب	١٠	٨٠٠٠	٧	١٠٠٠٠
ط	ح ، د	٦	٤٠٠٠	٥	٤٣٠٠
ح	ب	٩	١٠٠٠٠	٧	١١٠٠٠
ك	ح ، ط	٨	٦٠٠٠	٧	٨٠٠٠

٥ - ٦ احسب الحد الأدنى للزيادة ، إذا أريد تقليل مدة تنفيذ المشروع التالي ثلاث أيام .

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)		الكلفة (ريال)	
		الطبيعي	العاجل	الطبيعي	العاجل
أ	—	٤	٣	٣	٤,٧
ب	—	٦	٥	٥	٥,٦
ح	—	٣	٢	٤	٤,٨
د	—	٥	٤	٢	٢,٧
ﻫ	أ	٩	٨	٧	٨,٤
س	أ ، ب ، ح	٧	٦	٥	٣
ص	ح	١٢	١٠	١١	١٣,٦
ع	ح ، د	٥	٤	٦	٧,٤
ل	ﻫ	٧	٦	٤	٥,٢
م	س	٦	٦	٨	٨
ن	ص	٥	٤	٦	٦,٩
ﻫ	ع	١١	١١	٤	٤
و	ل ، م	٨	٦	٧	١٢
ي	ن ، ﻫ	٧	٥	١١	١٦
ك	و ، ي	٦	٦	٧	٧
ط	ك	١٠	١٠	٩	٩

٥ - ٧ أ - أرسم الشبكة السهمية والتتابعية للمشروع التالي :

ب - يراد تقليل مدة تنفيذ المشروع ثمانية أيام . حل بطريقتي الشبكة السهمية والتتابعية . قارن النتائج وبين أيها تفضل ؟

ج - هل يمكن تقليل مدة تنفيذ المشروع ثلاثة عشر يوماً ؟

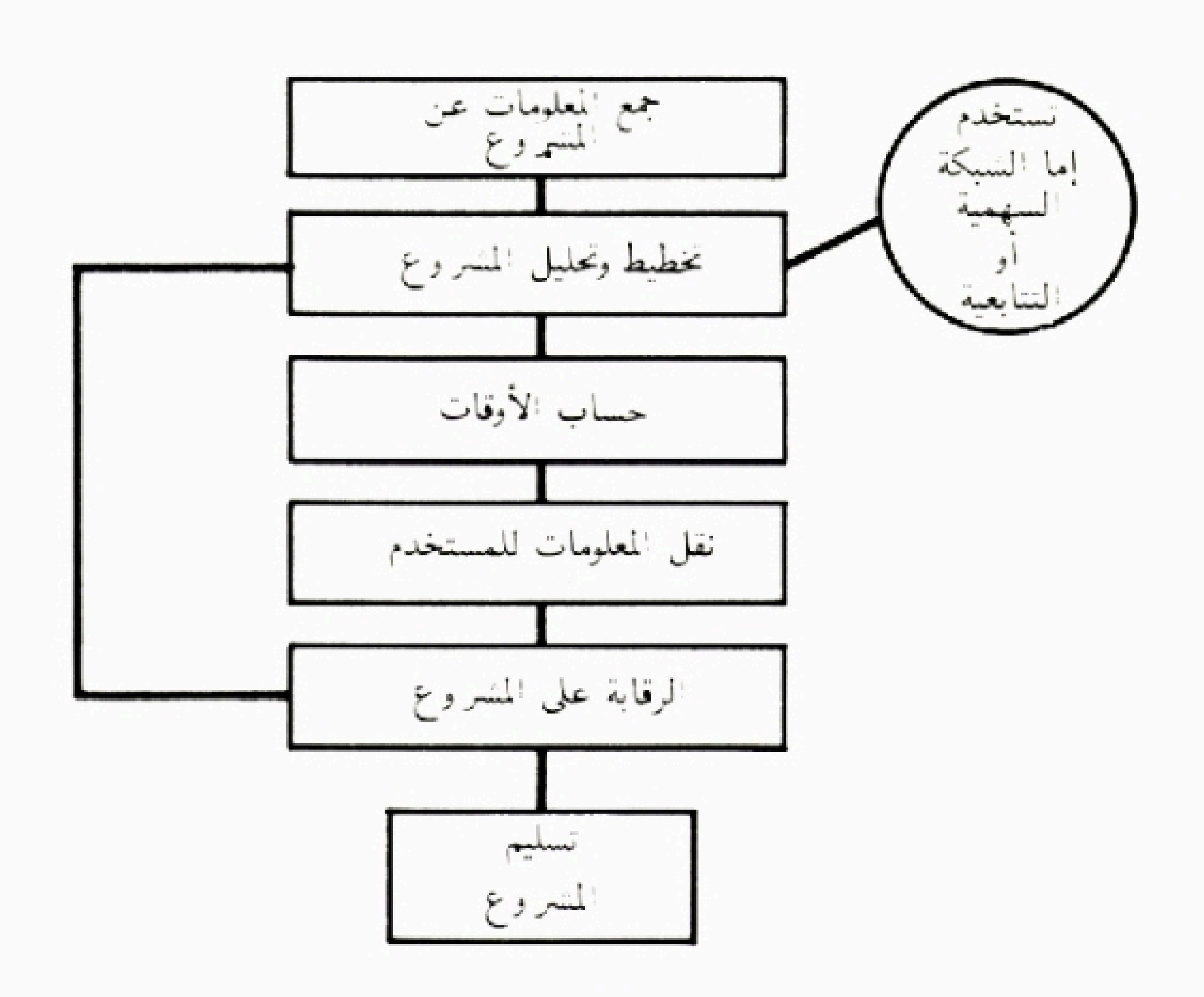
النشاط	يعتمد على	الطبيعي		العاجـل	
		الوقت (يوم)	الكلفة (ألف ريال)	الوقت (يوم)	الكلفة (ألف ريال)
أ	—	٤	٧	٢	٩
ب	—	٦	٨	٤	١٢
ح	—	٥	٦	٢	١٠
د	أ ، ب	٣	٦	٣	٦
هـ	أ	٢	٤	٢	٤
و	ح	٨	٩	٥	١٤
س	أ ، ب ، ح	٧	١٢	٤	٢٠
ص	و	٦	٥	٢	١١
ع	و	٥	٣	٣	٦
ل	د ، س ، ص	٤	٧	٢	٩,٨
م	د ، هـ ، س ، ص	٨	٦	٥	١٠,٤
ن	س ، ص	١٠	١٤	٤	٢٢,٦
ط	ن	٧	١٢	٤	١٦
و و	هـ	٣	١٠	٣	١٠
ي	م	٥	٨	٤	٩,٢
ح	م	٤	٣	٤	٣
ك	ط ، ح ، س س	٤	٣	٤	٣
أ أ	ط	٣	٢	٢	٤
ب ب	و و ، ي ، ح	٣	٥	١	٨
ح ح	ط ، س س	٦	٨	٤	٩
د د	و و ، ي ، ك ، أ أ	٦	٤	٤	٦
س س	ل	٦	٦	٣	٩,٤
ح ح	ع ، ح ح	٢	٤	٢	٤

الباب السادس

نقل المعلومات والرقابة على المشروع

يتضح مما تقدم في الفصول السابقة أن تحليل المشروع وحساباته تتم إما باستخدام الشبكة السهمية أو الشبكة التتابعية ، وذلك بعد جمع المعلومات اللازمة عن المشروع .

ويمكن تعريف نقل المعلومات بأنه الطريقة التي يتم بموجبها نقل المخرجات إلى المستخدم ، أما الرقابة على المشروع فتختص بتحديد مستويات الرقابة والأهداف والمتابعة بواسطة الطرق المختلفة وتتم المراجعة على المشروع بصفة مستمرة حتى الإنتهاء من تسليمه ، ويبين الشكل (٦ - ١) تتابع الأعمال حتى تسليم المشروع .



شكل (٦ - ١) تتابع أعمال المشروع

٦ - ١ نقل المعلومات

يتحدد مستوى المعلومات التي تنقل حسب الأشخاص المعنيين بها ، وعلى ذلك توجد مجموعة من وسائل ربط وإيصال المعلومات المتميزة ، وقد يكون من المستحسن الاكتفاء بنقل المعلومات

للأشخاص مباشرة . وربما يكون من الأفضل استخدام التقارير أو الجداول لنقلها وتعتبر شبكة المشروع من أهم وسائل نقل المعلومات وربما تساعد أيضاً بعض الرسومات الإيضاحية في ذلك ، وقد تكون كذلك بعض الوسائل الميكانيكية ذات فائدة متميزة لنقل المعلومات ، وسنوضح فيما يلي الوسائل المختلفة لنقل المعلومات .

٦ - ١ - ١ التعليمات الكتابية والشفهية والتقارير

عندما يستخدم المقاول ـ ومعه عدد بسيط من الأشخاص ـ طريقة المسار الحرج ، فإن التعليمات الشفهية التي توجه إلى الأشخاص كل في تخصصه ، تعتبر الطريقة المثلى . وقد يحتاج المخطط في بعض الأحيان لتكرار هذه المعلومات ، أو ربما تكرار جزء منها في أوقات متباينة ، وذلك لتذليل أي صعوبات قد تطرأ عند التنفيذ . ومن المعروف أن المعلومات الشفهية تستخدم على مستوى الإدارة الأول ، حيث ينقل المراقب المعلومات للعمال بالطريقة المباشرة (أي الشفهية) . وتستخدم هذه الطريقة على هذا المستوى بغض النظر عن حجم المشروع .

ولا يعني استخدام طريقة التعليمات الشفهية أنه لا يجب استخدام أي تعليمات كتابية ، بل قد نجد أنه ينبغي استخدام التعليمات الكتابية البسيطة للمشاريع الصغيرة التي تستخدم عادة طريقة التعليمات الشفهية كوسيلة لنقل المعلومات ، وذلك لتجنب سوء الفهم .

وتعتبر التقارير المكتوبة من الوسائل المحبذة لنقل المعلومات ، وتكتسب هذه التقارير قيمتها لدى مستوى الإدارة المتوسط الذي ربما لا يفهم طريقة المسار الحرج بالتفصيل ، ولكن ينبغي الإشارة إلى أن بعض التقارير تفقد قيمتها لدى بعض العاملين لحكمهم السابق بعدم جدوى هذه التقارير ، وذلك بمقارنتها بأعمال إدارية أخرى ، لذا فإنه من الصعب لكاتب التقرير التكهن بالاستفادة الكاملة منه إلا إذا أدرك بأن هذه التقارير يجب أن تحتوي على المضمون العلمي المراد توصيله للمستويات المختلفة ، ويفضل أن تكون هذه التقارير مختلفة وفقاً للمستفيدين منها ، أي يجب عدم الأخذ بنظام التقرير الواحد للمشروع .

٦ - ١ - ٢ النماذج الجدولية

تعتبر طريقة النماذج الجدولية من أهم الطرق المستخدمة لنقل المعلومات لدى المخطط الذي يستخدم طريقة المسار الحرج ، وتأخذ هذه الطريقة عدة أنواع تبعاً لاستخدامها ، وتشمل طريقة النماذج الجدولية على مجموعة الجداول التي سبق شرحها عند حساب أوقات المشروع والمرونة الوقتية له باستخدام طريقتي الشبكة السهمية والتتابعية ، وتجدر الإشارة هنا إلى أن تعبئة هذه الجداول تتم بطريقة يدوية عندما لا يكون عدد أنشطة المشروع كبيراً ، ولكن يجب استخدام الحاسب الآلي للمشروعات التي يكون عدد أنشطتها كبيراً .

ويتميز ايصال المعلومات باستخدام النماذج الجدولية بسهولة التعبير عن هذه الجداول بوسائل مختلفة ، فمثلاً يمكن التعبير عنها وفقاً لتسلسل الخطوات ، أو وفقاً للوقت الأول للبدء ، أو وفقاً للوقت الأخير للانتهاء ، أو وفقاً للمرونة الوقتية الكلية ، الخ ...

وتعرض مؤسسات كثيرة عدداً من الطرق المختلفة للنماذج الجدولية باستخدام الحاسب الآلي ، والتي يمكن شرائها لاستخدامها كطريقة لايصال المعلومات . وستستخدم في هذا الكتاب طريقة « Trace » والتي تحتوي على مجموعة من الجداول الأساسية ولكن يمكن للمستخدم إجراء بعض التعديلات في البرنامج ليناسب متطلباته ، وتشتمل طريقة « Trace » على الجداول التالية :

(١) حسابات الوقت الأول والأخير من المشروع ، والمرونة الوقتية الكلية والمرونة الوقتية الحرة لكل أنشطة المشروع مرتبة وفقاً لتسلسل الخطوات وتعطى هذه الأوقات بالتقويم الميلادي (ويمكن كذلك بالهجري) ، مع الأخذ في الاعتبار أيام الاجازات والعطلات الرسمية ويقوم الحاسب الآلي بذلك بطريقة ذاتية طالما أن هذه المعلومات مخزنة داخله .
(٢) نفس المعلومات السابقة ، ولكنها مقسمة وفقاً لنوع النشاط ، أي تكتب وفقاً لأنشطة المشتريات ، الأنشطة الإنشائية المعمارية ، الأنشطة الميكانيكية ... الخ .
(٣) حسابات الوقت الأول للمشروع والتأخير المسموح به لكل نشاط (بدلاً من المرونة الوقتية الحرة) ، والحد الأقصى للتأخير لكل نشاط (بدلاً من المرونة الوقتية الكلية) ، ويستخدم هذا الجدول في الموقع ، ولذا كان من الضروري إعطاء الأوقات السابقة فقط ، ولا ينبغي إعطاء الوقت الأخير للنشاط لعدم جدواه في هذه الحالة بل أنه قد يسبب نوعاً من سوء الفهم .
(٤) نفس المعلومات بجدول (٣) ولكنها مقسمة وفقاً لنوع النشاط .
(٥) جدول يبين النشاط ، والنشاط السابق واللاحق له ، وذلك لكل أنشطة المشروع ويستفاد منه في دراسة مدى تأثير كل نشاط على الأنشطة الأخرى .

ولإيضاح وسيلة النماذج الجدولية لنقل المعلومات ، نعتبر مشروع إنشاء منزل كنموذج لذلك ، وقد استخدمت الجداول التالية :

جدول (٦ - ٢) : حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية الكلية والحرة لأنشطة المشروع .

جدول (٦ - ٣) : حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية الكلية والحرة لأنشطة المشتريات ، والأنشطة المعمارية ، والأثاث ، والمعدات ، والأنشطة الميكانيكية والكهربائية .

جدول (٦ - ٤) : حسابات الوقت الأول والأخير ، والتأخير المسموح والحد الأقصى للتأخير لأنشطة المشروع .

جدول (٦ - ٥) : حسابات الوقت الأول والأخير ، والتأخير المسموح والحد الأقصى للتأخير مقسمة وفقاً لنوع النشاط .

جدول (٦ - ٦) : أنشطة المشروع والنشاط (أو الأنشطة) السابق والتالي له .

وقد تحدد يوم السبت ٢٧ صفر ١٤٠٢ هـ لبدء التنفيذ للمشروع واعتبر أن الأجازة الأسبوعية

هي يوم الجمعة فقط ، وستحسب الأوقات الأربعة والمرونة الوقتية لأنشطة المشروع قبل البدء في أعمال نقل المعلومات .

ويبين جدول (٦ - ١) الأوقات الأربعة للمشروع والمرونة الوقتية الكلية والحرة .

جدول (٦ - ١)

الأوقات الأربعة للمشروع والمرونة الوقتية الكلية والحرة

رقم النشاط	وقت النشاط (يوم)	يعتمد على	الوقت الأول		الوقت الأخير		م ك	م ح
			ول ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن		
أ	—	—	صفر	صفر	صفر	صفر	—	—
ب	٤	أ	صفر	٤	صفر	٤	—	—
ج	٢	ب	٤	٦	٤	٦	—	—
د	٤	ج	٦	١٠	٦	١٠	—	—
هـ	٦	د	١٠	١٦	١٨	٢٤	٨	—
و	١	ح	٦	٧	٧	٨	١	—
ي	٢	و	٧	٩	٨	١٠	١	١
س	٣	و	٧	١٠	١١	١٤	٤	٤
ص	٢	د	١٠	١٢	١٢	١٤	٢	٢
ع	٤	د ، ي	١٠	١٤	١٠	١٤	—	—
ل	١٠	س ، ص ، ع	١٤	٢٤	١٤	٢٤	—	—
م	٣	ل	٢٤	٢٧	٢٤	٢٧	—	—
ك	١	م	٢٧	٢٨	٢٨	٢٩	١	١
ن	٢	م	٢٧	٢٩	٢٧	٢٩	—	—
ح	٣	م	٢٧	٣٠	٢٩	٣٢	٢	٢
س س	٢	هـ	١٦	١٨	٢٤	٢٦	٨	—
ص ص	١	س س	١٨	١٩	٢٦	٢٧	٨	—
ل ل	١٠	ح	٦	١٦	١٧	٢٧	١١	٣
م م	٢	ح ، ب ب	٣٢	٣٤	٣٢	٣٤	—	—
ب ب	٣	ك ، ن	٢٩	٣٢	٢٩	٣٢	—	—
ع ع	١	ب ب	٣٢	٣٣	٣٣	٣٤	١	١
ك ك	٢	ص ص ، ل ل	١٩	٢١	٢٧	٢٩	٨	—
ن ن	٥	ك ك	٢١	٢٦	٢٩	٣٤	٨	٨
و و	—	م م، ع ع، ن ن	٣٤	٣٤	٣٤	٣٤	—	—

جدول (٦ - ٢)
حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية الكلية والحرة لأنشطة المشروع

مشروع إنشاء منزل
طريقة « Trace » لإدارة المشروع
الجدولة وفقاً لتسلسل الخطوات

تاريخ البدء ١٤٠١/٢/٢٧ هـ
تاريخ الانتهاء ١٤٠١/٤/٦ هـ

النشاط		الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول		الوقت الأخير		المرونة الكلية	المرونة الحرة
الرمز	الوصف		البدء	الانتهاء	البدء	الانتهاء		
أ	البداية	—	١٤٠١/٢/٢٧	٢/٢٧	٢/٢٧	٢/٢٧	—	—
ب	الحفر والردم	٤	١٤٠١/٢/٢٧	٢/٣٠	٢/٢٧	٢/٣٠	—	—
ج	صب الأساسات	٢	٣/١	٣/٢	٣/١	٣/٢	—	—
د	عمل الشدة الخشبية	٤	٣/٤	٣/٧	٣/٤	٣/٧	—	—
و	أعمال الصرف والصحة	١	٣/٤	٣/٤	٣/٥	٣/٥	١	—
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠	٣/٤	٣/١٤	٣/١٥	٣/٢٦	١١	٣
س	عمليات السباكة الأولية	٣	٣/٥	٣/٧	٣/٨	٣/١١	٤	٤
ي	صب أرضية القواعد	٢	٣/٥	٣/٦	٣/٦	٣/٧	١	١
هـ	أعمال البناء	٦	٣/٨	٣/١٤	٣/١٦	٣/٢٢	٨	—
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢	٣/٨	٣/٩	٣/٩	٣/١١	٢	٢
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	٣/٨	٣/١٢	٣/٨	٣/١٢	—	—
س س	تشطيب السقوف	٢	٣/١٥	٣/١٦	٣/٢٣	٣/٢٥	٨	—
ل	أعمال البياض	١٠	٣/١٣	٣/٢٣	٣/١٣	٣/٢٣	—	—
ص ص	تركيب المصارف	١	٣/١٨	٣/١٨	٣/٢٦	٣/٢٦	٨	—
م	تشطيب الأرضيات	٣	٣/٢٥	٣/٢٧	٣/٢٥	٣/٢٧	—	—
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢	٣/١٩	٣/٢٠	٣/٢٧	٣/٢٨	٨	—
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥	٣/٢١	٣/٢٦	٣/٢٩	٤/٥	٨	٨
ك	تجهيز المطبخ	١	٣/٢٨	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٩	١	١
ن	عمليات السباكة النهائية	٢	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٨	٣/٢٩	—	—
ح	أشغال النجارة	٣	٣/٢٨	٤/١	٣/٢٩	٤/٣	٢	٢
ب ب	الدهـان	٣	٤/١	٤/٤	٤/١	٤/٤	—	—
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١	٤/٥	٤/٥	٤/٦	٤/٦	١	١
م م	فرش الأرضية	٢	٤/٥	٤/٦	٤/٥	٤/٦	—	—
و و	النهاية	—	٤/٦	٤/٦	٤/٦	٤/٦	—	—

جدول (٦ - ٣)
حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية الكلية والحرة لأنشطة التوريد والأنظمة المعمارية ، .. الخ ..

مشروع إنشاء منزل
طريقة « Trace » لإدارة المشروع
الجدولة وفقاً للتاريخ الأول للبدء

تاريخ البـدء ١٤٠١/٢/٢٧ هـ
تاريخ الانتهاء ١٤٠١/٤/٦ هـ

الأعمال الإنشائية

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول: البدء	الوقت الأول: الانتهاء	الوقت الأخير: البدء	الوقت الأخير: الانتهاء	المرونة الكلية	المرونة الحرة
ب	الحفر والردم	٤	٢/٢٧	٢/٣٠	٢/٢٧	٢/٣٠	—	—
ج	صب الأساسات	٢	٣/١	٣/٢	٣/١	٣/٢	—	—
د	عمل الشدة الخشبية	٤	٣/٤	٣/٧	٣/٤	٣/٧	—	—
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠	٣/٤	٣/١٤	٣/١٥	٣/٢٦	١١	٣
ي	صب أرضية القواعد	٢	٣/٥	٣/٦	٣/٦	٣/٧	١	١
هـ	أعمال البناء	٦	٣/٨	٣/١٤	٣/١٦	٣/٢٢	٨	—

أعمال تنسيق الموقع

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول: البدء	الوقت الأول: الانتهاء	الوقت الأخير: البدء	الوقت الأخير: الانتهاء	المرونة الكلية	المرونة الحرة
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢	٣/١٩	٣/٢٠	٣/٢٧	٣/٢٨	٨	—
ن ن	أعمال تنسيق الموقع	٥	٣/٢١	٣/٢٦	٣/٢٩	٤/٥	٨	٨

الأعمال الكهربائية والتدفئة

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول: البدء	الوقت الأول: الانتهاء	الوقت الأخير: البدء	الوقت الأخير: الانتهاء	المرونة الكلية	المرونة الحرة
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢	٣/٨	٣/٩	٣/٩	٣/١١	٢	٢
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	٣/٨	٣/١٢	٣/٨	٣/١٢	—	—
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١	٤/٥	٤/٥	٤/٦	٤/٦	١	١

الأعمال الصحية والسباكة

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول: البدء	الوقت الأول: الانتهاء	الوقت الأخير: البدء	الوقت الأخير: الانتهاء	المرونة الكلية	المرونة الحرة
و	أعمال الصرف والصحة	١	٣/٤	٣/٤	٣/٥	٣/٥	١	—
س	عمليات السباكة الأولية	٣	٣/٥	٣/٧	٣/٨	٣/١١	٤	٤
ك	تجهيز المطبخ	١	٣/٢٨	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٩	١	١
ن	عمليات السباكة النهائية	٢	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٨	٣/٢٩	—	—

تابع جدول (٦ - ٣)

الرمز	النشـــاط: الوصف	الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول: البدء	الوقت الأول: الانتهاء	الوقت الأخير: البدء	الوقت الأخير: الانتهاء	المرونة الكلية	المرونة الحرة
ل	أعمال البياض	١٠	٣/١٣	٣/٢٣	٣/١٣	٣/٢٣	—	—
س س	تشطيب السقوف	٢	٣/١٥	٣/١٦	٣/٢٣	٣/٢٥	٨	—
ص ص	تركيب المصارف	١	٣/١٨	٣/١٨	٣/٢٦	٣/٢٦	٨	—
م	تشطيب الأرضيات	٣	٣/٢٥	٣/٢٧	٣/٢٥	٣/٢٧	—	—
ح	أشغال النجارة	٣	٣/٢٨	٤/١	٣/٢٩	٤/٣	٢	٢
ب ب	الدهان	٣	٤/١	٤/٤	٤/١	٤/٤	—	—
م م	فرش الأرضية	٢	٤/٥	٤/٦	٤/٥	٤/٦	—	—

جدول (٦ - ٤)

حسابات الوقت الأول والأخير والتأخير المسموح والحد الأقصى للتأخير لأنشطة المشروع

مشروع إنشاء منزل — تاريخ البـدء ١٤٠١/٢/٢٧ هـ

طريقة « Trace » لإدارة المشروع — تاريخ الإنتهـاء ١٤٠١/٤/٦ هـ

خطة العمل مرتبة وفقاً للتاريخ الأول للبدء

الرمز	النشـــاط: الوصف	الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول: البدء	الوقت الأول: الانتهاء	الوقت الأخير: البدء	الوقت الأخير: الإنتهاء	التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
أ	البداية	—	٢/٢٧	٢/٢٧	٢/٢٧	٢/٢٧	—	—
ب	الحفر والردم	٤	٢/٢٧	٢/٣٠	٢/٢٧	٢/٣٠	—	—
ج	صب الأساسات	٢	٣/١	٣/٢	٣/١	٣/٢	—	—
د	عمل الشدة الخشبية	٤	٣/٤	٣/٧	٣/٤	٣/٧	—	—
و	أعمال الصرف والصحة	١	٣/٤	٣/٥	٣/٥	٣/٥	—	١
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠	٣/٤	٣/١٤	٣/١٥	٣/٢٦	٣	١١
س	عمليات السباكة الأولية	٣	٣/٥	٣/٧	٣/٨	٣/١١	٤	٤
ي	صب أرضية القواعد	٢	٣/٥	٣/٦	٣/٦	٣/٧	١	١
هـ	أعمال البناء	٦	٣/٨	٣/١٤	٣/١٦	٣/٢٢	—	٨
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢	٣/٨	٣/٩	٣/٩	٣/١١	٢	٢
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	٣/٨	٣/١٢	٣/٨	٣/١٢	—	—
ل	أعمال البياض	١٠	٣/١٣	٣/٢٣	٣/١٣	٣/٢٣	—	—
س س	تشطيب السقوف	٢	٣/١٥	٣/١٦	٣/٢٣	٣/٢٥	—	٨

تابع جدول (٦ - ٤)

النشـــاط		الوقت المتبقي (أيام)	الوقـت الأول		الوقت الأخيـر		التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
الرمز	الوصـــف		البـدء	الانتهاء	البـدء	الانتهاء		
ص ص	تركيب المصارف	١	٣/١٨	٣/١٨	٣/٢٦	٣/٢٦	—	٨
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢	٣/١٩	٣/٢٠	٣/٢٧	٣/٢٨	—	٨
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥	٣/٢١	٣/٢٦	٣/٢٩	٤/٥	٨	٨
م	تشطيب الأرضيات	٣	٣/٢٥	٣/٢٧	٣/٢٥	٣/٢٧	—	—
ك	تجهيز المطبخ	١	٣/٢٨	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٩	١	١
ن	عمليات السباكة النهائية	٢	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٨	٣/٢٩	—	—
ح	أشغال النجارة	٣	٣/٢٨	٤/١	٣/٢٩	٤/٣	٢	٢
ب ب	الدهان	٣	٤/١	٤/٤	٤/١	٤/٤	—	—
ع ع	تشطيب الكهرباء	١	٤/٥	٤/٥	٤/٦	٤/٦	١	١
م م	فرش الأرضية	٢	٤/٥	٤/٦	٤/٥	٤/٦	—	—
و و	النهاية	—	٤/٦	٤/٦	٤/٦	٤/٦	—	—

جـدول (٦ - ٥)

حسابات الوقت الأول والأخير والتأخير المسموح والحد الأقصى للتأخير مقسمة وفقاً لنوع النشاط

مشروع إنشاء منزل
طريقة « Trace » لإدارة المشروع
الجدولة وفقاً للتاريخ الأول للبدء

تاريخ البـــدء ١٤٠١/٢/٢٧ هـ
تاريخ الإنتهاء ١٤٠١/٤/٦ هـ

الأعمال الإنشائية

النشـــاط		الوقت المتبقي (أيام)	الوقـت الأول		الوقـت الأخير		التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
الرمز	الوصـــف		البـدء	الانتهاء	البـدء	الانتهاء		
ب	الحفر والردم	٤	٢/٢٧	٢/٣٠	٢/٢٧	٢/٣٠	—	—
ج	صب الأساسات	٢	٣/١	٣/٢	٣/١	٣/٢	—	—
د	عمل الشدة الخشبية							
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة	٤	٣/٤	٣/٧	٣/٤	٣/٧	—	—
	بتصريف مياه الأمطار	١٠	٣/٤	٣/١٤	٣/١٥	٣/٢٦	٢	١١
ي	صب أرضية القواعد	٢	٣/٥	٣/٦	٣/٦	٣/٧	١	١
هـ	أعمال البناء	٦	٣/٨	٣/١٤	٣/١٦	٣/ ٢٢	—	٨

تابع جدول (٦ - ٥)

النشاط		الوقت المتبقي (أيام)	الوقت الأول		الوقت الأخير		التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
الرمز	الوصف		البدء	الانتهاء	البدء	الانتهاء		
ك ك	تشطيب سلبيات الموقع	٢	٣/١٩	٣/٢٠	٣/٢٧	٣/٢٨	—	٨
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥	٣/٢١	٣/٢٦	٣/٢٦	٤/٥	٨	٨

الأعمال الكهربائية والتدفئة

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي	البدء	الانتهاء	البدء	الانتهاء	التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢	٣/٨	٣/٩	٣/٩	٣/١١	٢	٢
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	٣/٨	٣/١٢	٣/٨	٣/١٢	—	—
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١	٤/٥	٤/٥	٤/٦	٤/٦	١	١

الأعمال الصحية والسباكة

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي	البدء	الانتهاء	البدء	الانتهاء	التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
و	أعمال الصرف والصحة	١	٣/٤	٣/٤	٣/٥	٣/٥	—	١
س	عمليات السباكة الأولية	٣	٣/٥	٣/٧	٣/٨	٣/١١	٤	٤
ك	تجهيز المطبخ	١	٣/٢٨	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٩	١	١
ن	عمليات السباكة النهائية	٢	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٨	٣/٢٩	—	—

أعمال الدهان والتشطيب

الرمز	الوصف	الوقت المتبقي	البدء	الانتهاء	البدء	الانتهاء	التأخير المسموح	الحد الأقصى للتأخير
ل	أعمال البياض	١٠	٣/١٣	٣/٢٣	٣/١٣	٣/٢٣	—	—
س س	تشطيب السقوف	٢	٣/١٥	٣/١٦	٣/٢٣	٣/٢٥	—	٨
ص ص	تركيب المصارف	١	٣/١٨	٣/١٨	٣/٢٦	٣/٢٦	—	٨
م	تشطيب الأرضيات	٣	٣/٢٥	٣/٢٧	٣/٢٥	٣/٢٧	—	—
ح	أشغال النجارة	٣	٣/٢٨	٤/١	٣/٢٩	٤/٣	٢	٢
ب ب	الدهان	٣	٤/١	٤/٤	٤/١	٤/٤	—	—
م م	فرش الأرضية	٢	٤/٥	٤/٦	٤/٥	٤/٦	—	—

جدول (٦ - ٦)
أنشطة المشروع والنشاط (أو الأنشطة) السابق والتالي له

مشروع إنشاء منزل
طريقة « Trace » لإدارة المشروع
الجدولة وفقاً لتسلسل الخطوات

تاريخ البدء ١٤٠١/٢/٢٧ هـ
تاريخ الانتهاء ٦ /١٤٠١/٤ هـ

رمز ووصف النشاط السابق رمز ووصف النشاط رمز ووصف النشاط التالي		الوقت المتبقي (أيام)	ضلع التأخير	وقت البدء		وقت الانتهاء		المرونة الكلية
				الأول	الأخير	الأول	الأخير	
أ	البداية	—		/٢/٢٧ ١٤٠١	٢/٢٧	٢/٢٧	٢/٢٧	
ب	الحفر والردم	٤		٢/٢٧	٢/٢٧			
أ	البداية					٢/٢٧	٢/٢٧	
ب	الحفر والردم	٤		٢/٢٧	٢/٢٧	٢/٣٠	٢/٣٠	
ج	صب الأساسات	٢		٣/١	٣/١			
ب	الحفر والردم	٤				٢/٢٧	٢/٢٧	
ج	صب الأساسات	٢		٣/١	٣/١	٣/٢	٣/٢	
د	عمل الشدة الخشبية	٤		٣/٤	٣/٤			
و	أعمال الصرف والصحة	١		٣/٤	٣/٥			١
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠		٣/٤	٣/١٥			١١
ج	صب الأساسات	٢				٣/٢	٣/٢	
د	عمل الشدة الخشبية	٤		٣/٤	٣/٤	٣/٧	٣/٧	
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢		٣/٨	٣/٩			٢
هـ	أعمال البناء	٦		٣/٨	٣/١٦			٨
غ	أعمال التدفئة والتهوية	٤		٣/٨	٣/٨			
ج	صب الأساسات	٢				٣/٢	٣/٢	
و	أعمال الصرف والصحة	١		٣/٤	٣/٥	٣/٤	٣/٥	١
س	عمليات السباكة الأولية	٣		٣/٥	٣/٨			٤
ي	صب أرضية القواعد	٢	٥	٣/٥	٣/٦			
ج	صب الأساسات	٢				٣/٢	٣/٢	
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠		٣/٤	٣/١٥	٣/١٤	٣/٢٦	١١
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢	٣	٣/١٩	٣/٢٧			٨
و	أعمال الصرف والصحة	١				٣/٤	٣/٥	١

تابع جدول (٦ - ٦)

رمز ووصف النشاط السابق / رمز ووصف النشاط / رمز ووصف النشاط التالي		الوقت المتبقي (أيام)	ضلع التأخير	وقت البدء		وقت الانتهاء		المرونة الكلية
				الأول	الأخير	الأول	الأخير	
س	عمليات السباكة الأولية	٣		٣/٥	٣/٨	٣/٧	٣/١١	٤
ل	أعمال البياض	١٠	٤	٣/١٣	٣/١٣			—
و	أعمال الصرف والصحة	١				٣/٤	٣/٥	١
ي	صب أرضية القواعد	٢		٣/٥	٣/٦	٣/٦	٣/٧	١
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	١	٣/٨	٣/٨			
د	عمل الشدة الخشبية	٤				٣/٧	٣/٧	
ه	أعمال البناء	٦		٣/٨	٣/١٦	٣/١٤	٣/١٢	٨
س س	تشطيب السقوف	٢		٣/١٥	٣/٢٣			٨
د	عمل الشدة الخشبية	٤				٣/٧	٣/٧	
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢		٣/٨	٣/٩	٣/٩	٣/١١	٢
ل	أعمال البياض	١٠	٢	٣/١٣	٣/١٣			
د	عمل الشدة الخشبية	٤				٣/٧	٣/٧	
ي	صب أرضية القواعد	٢				٣/٦	٣/٧	١
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤		٣/٨	٣/٨	٣/١٢	٣/١٢	
ل	أعمال البياض	١٠		٣/١٣	٣/١٣			
س	عمليات السباكة الأولية	٣				٣/٧	٣/١١	٤
ص	عمليات الكهرباء الأولية	٢				٣/٩	٣/١١	٢
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤				٣/١٢	٣/١٢	
ل	أعمال البياض	١٠		٣/١٣	٣/١٣	٣/٢٣	٣/٢٣	
م	تشطيب الأرضيات	٣		٣/٢٥	٣/٢٥			
ه	أعمال البناء	٦				٣/١٤	٣/٢٢	٨
س س	تشطيب السقوف	٢		٣/١٥	٣/٢٣	٣/١٦	٣/٢٥	٨
ص ص	تركيب المصارف	١		٣/١٨	٣/٢٦			٨
س س	تشطيب السقوف	٢				٣/١٦	٣/٢٥	٨
ص ص	تركيب المصارف	١		٣/١٨	٣/٢٦	٣/١٨	٣/٢٦	٨
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢		٣/١٩	٣/٢٧			٨
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠				٣/١٤	٣/٢٦	١١
ص ص	تركيب المصارف	١				٣/١٨	٣/٢٦	٨
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢		٣/١٩	٣/٢٧	٣/٢٠	٣/٢٨	٨
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥		٣/٢١	٣/٢٩			٨
ك ك	تشطيب سلبيات الطريق	٢				٣/٢٠	٣/٢٨	٨

تابع جدول (٦ - ٦)

الرمز	رمز ووصف النشاط السابق رمز ووصف النشاط رمز ووصف النشاط التالي	الوقت المتبقي (أيام)	ضلع التأخير	وقت البدء		وقت الانتهاء		المرونة الكلية
				الأول	الأخير	الأول	الأخير	
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥		٣/٢١	٣/٢٩	٣/٢٦	٤/٥	٨
و و	النهاية	—	٨	٤/٦	٤/٦			
ل	أعمال البياض	١٠				٣/٢٣	٣/٢٣	
م	تشطيب الأرضيات	٣		٣/٢٥	٣/٢٥	٣/٢٧	٣/٢٧	
ك	تجهيز المطبخ	١		٣/٢٨	٣/٢٩			١
ن	عمليات السباكة النهائية	٢		٣/٢٨	٣/٢٨			
ح	أشغال النجارة	٣		٣/٢٨	٣/٢٩			٢
م	تشطيب الأرضيات	٣				٣/٢٧	٣/٢٧	
ك	تجهيز المطبخ	١		٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٨	٣/٢٩	١
ب ب	الدهان	٣	١	٤/١	٤/١			
م	تشطيب الأرضيات	٣				٣/٢٧	٣/٢٧	
ن	عمليات السباكة النهائية	٢		٣/٢٨	٣/٢٨	٣/٢٩	٣/٢٩	
ب ب	الدهان	٣		٤/١	٤/١			
م	تشطيب الأرضيات	٣				٣/٢٧	٣/٢٧	
ح	أشغال النجارة	٣	٢	٣/٢٨	٣/٢٩	٤/١	٤/٣	٢
م م	فرش الأرضية	٢		٤/٥	٤/٥			
ن	عمليات السباكة النهائية	٢				٣/٢٩	٣/٢٩	
ب ب	الدهان	٣		٤/١	٤/١	٤/٤	٤/٤	
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١		٤/٥	٤/٦			١
م م	فرش الأرضية	٢		٤/٥	٤/٥			
ب ب	الدهان	٣				٤/٤	٤/٤	
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١		٤/٥	٤/٦	٤/٥	٤/٦	١
و و	النهاية	—	١	٤/٦	٤/٦			
ح	أشغال النجارة	٣				٤/١	٤/٣	٢
ب ب	الدهان	٣				٤/٤	٤/٤	
م م	فرش الأرضية	٢		٤/٥	٤/٥	٤/٦	٤/٦	
و و	النهاية	—		٤/٦	٤/٦			
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥				٣/٢٦	٤/٥	٨
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١				٤/٥	٤/٦	١
م م	فرش الأرضية	٢				٤/٦	٤/٦	
و و	النهاية	—		٤/٦	٤/٦	٤/٦	٤/٦	

٦ - ١ - ٣ التمثيل البياني

توجد ثلاثة طرق رئيسية للتمثيل البياني لنقل المعلومات الخاصة بالمشروع وهذه الطرق هي :

- شبكة المشروع .
- مخطط المستقيمات .
- الشبكة الزمنية .

٦ - ١ - ٣ - ١ شبكة المشروع

يمكن استغلال شبكة المشروع كإحدى الطرق المستخدمة في نقل المعلومات . ويبين شكل (٣ - ٢٠) ، وشكل (٣ - ٢١) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع ، وتستخدم هذه الأشكال في نقل المعلومات للمشروع ، حيث أن الشبكة يبين عليها الأوقات الأربعة للنشاط والمرونة الوقتية ، ويمكن بنفس الطريقة استخدام الشبكة السهمية لنقل المعلومات الخاصة بالمشروع .

٦ - ١ - ٣ - ٢ مخطط المستقيمات

يعتبر مخطط المستقيمات الطريقة الأكثر شيوعاً لإيصال المعلومات الخاصة بالمشروع ويستخدم مخطط المستقيمات للإدارة العليا على أساس تجميع الأنشطة ذات الطابع المشترك ، أما مخطط المستقيمات التفصيلي لكل نشاط فيستخدم للإدارة المتوسطة . ويستخدم مخطط المستقيمات كأساس للتحليل والتشغيل والتنفيذ وتقدير وتحليل القوى العاملة ومتطلبات المعدات وجدولة المصروفات والميزانية . ويستخدم أيضاً على مستوى الإدارة الدنيا بطريقة ناجحة وفعالة ، لأن هذه الطريقة تعتبر من الطرق المستخدمة منذ أمد بعيد ، وعلى هذا فإن كل الإدارات ترحب دائماً بالاستعانة بها . وللحصول على مزيد من المعلومات عن مخطط المستقيمات راجع الباب الثاني .

ويبين شكل (٦ - ٢) مخطط المستقيمات لمشروع إنشاء منزل ، ويلاحظ أن الأنشطة الحرجة قد رسمت في الجزء العلوي للمخطط ، أما بقية الأنشطة والتي تحتوي على مرونة وقتية فقد رسمت بعد ذلك . ويستخدم مخطط المستقيمات الحسابات الناتجة من الشبكة السهمية أو الشبكة التتابعية ولهما نفس الصلاحية . ولكن لا تظهر الأنشطة اللاوقتية في مخطط المستقيمات ويظل الوقت الأول لأي نشاط ، أي المسافة الزمنية بين الوقت الأول للانتهاء والوقت الأول للبدء . ويمتد الوقت الأول للانتهاء لأي نشاط حتى الوقت الأخير للانتهاء ، ويعبر عن الفرق بين الوقت الأخير للانتهاء والوقت الأول للانتهاء بخط غير متصل (منقط) ، ويعادل هذا الفرق المرونة الوقتية الكلية ، أما المرونة الوقتية الحرة فهي دائماً تساوي المرونة الوقتية الكلية أو أقل ، وقد تميزت في مخطط المستقيمات بخطوط مائلة .

النشاط: رمز	النشاط: الوصف	وقت النشاط (يوم)	
ب	الحفر والردم	٤	أنشطة حرجة
ج	صب الأساسات	٢	
د	عمل الشدة الخشبية	٤	
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	
ل	أعمال البياض	١٠	
م	تسطيب الأرضيات	٣	
ن	عمليات السباكة الأولية	٢	
ب ب	الدهان	٣	
م م	فرش للأرضية	٢	
و	أعمال الصرف والصحى	١	أنشطة غير حرجة
ل ل	تركيب الاجزاء الخاصة	١٠	
س	بتصريف مياه الأمطار عمليات السباكة الأولية	٣ ٢	
ي	صب أرضية القواعد	٢	
هـ	أعمال البناء	٦	
ص	أعمال الكهرباء الأولية	٢	
س س	تسطيب السقوف	٢	
ص ص	تركيب المصارف	١	
ك ك	تسطيب سلبيات الطرق	٢	
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥	
ك	تجهيز المطبخ	١	
ح	أشغال النجارة	٣	
ع ع	تسطيب أعمال الكهرباء	١	

شكل (٦ - ٢) مخطط المستقيات لمشروع انشاء منزل

٦ - ١ - ٣ - ٣ الشبكة الزمنية

تعتبر الشبكة الزمنية شديدة القرب من مخطط المستقيمات ، ويفضلها بعض المخططون نظراً لأنها تبين العلاقة بين الأنشطة بتمثيلها بمقياس زمني .

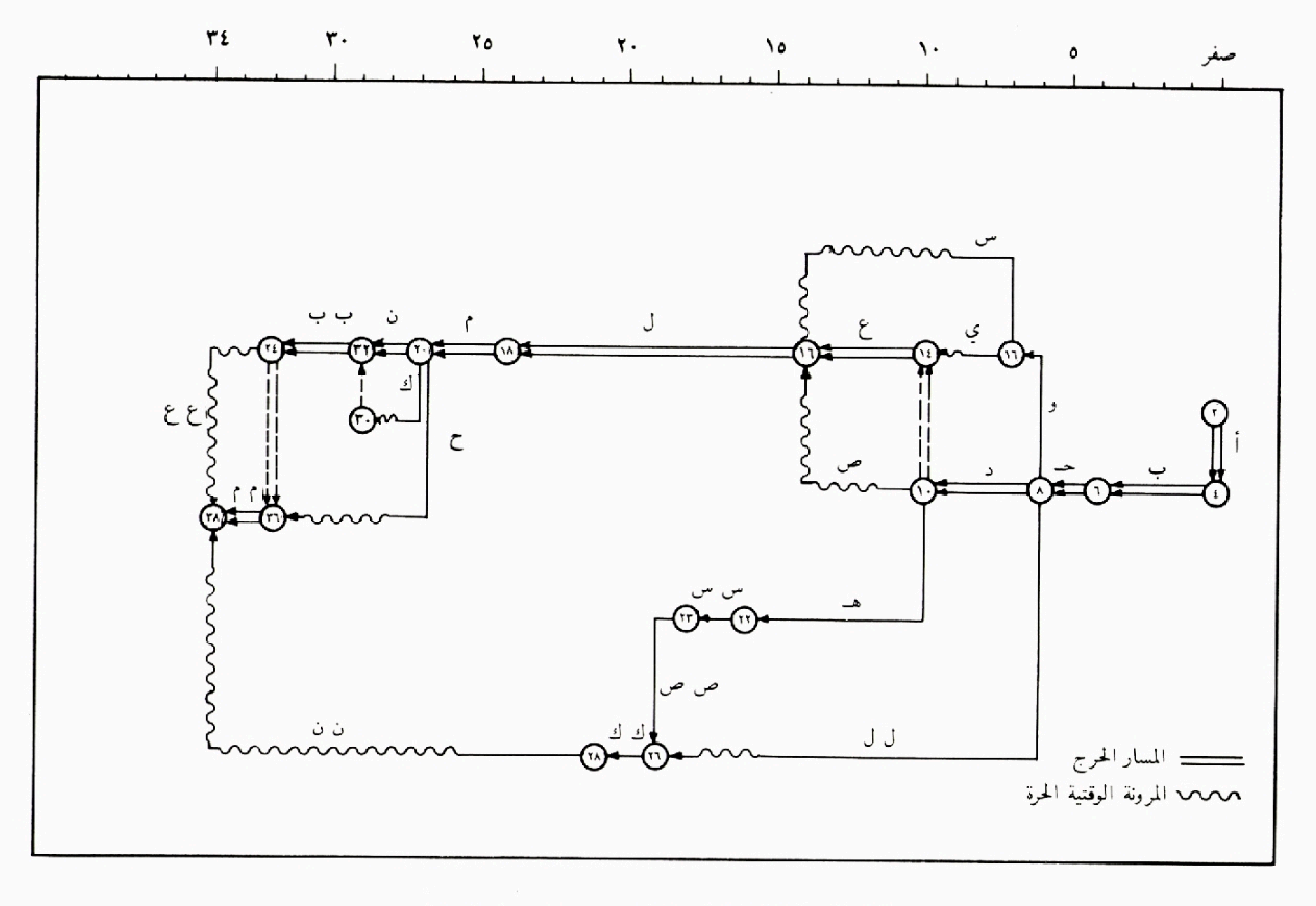
ويبين شكل (٦ - ٣) الشبكة الزمنية السهمية لمشروع إنشاء منزل ، ويمكن الاستدلال على النشاط الحرج بأنه النشاط المتكون من خطين ، أما المرونة الوقتية فتميز بخط متعرج . ويلاحظ أن المرونة الوقتية الحرة هي التي رسمت فقط ، وذلك لأن هذه المرونة خاصة بالنشاط فقط ، ولا تؤثر الاستفادة منها على الأوقات الأربعة لأي نشاط تالي ، ولذا فلا يمكن التعبير عن بقية أنواع المرونة الوقتية بالشبكة الزمنية لأنها تؤثر على بداية الأنشطة الأخرى المرتبطة بالنشاط تحت الدراسة .

ويبين شكل (٦ - ٤) الشبكة الزمنية التتابعية لمشروع إنشاء منزل . وقد تم استطالة دائرة النشاط وأخذت شكل مستطيل طوله يتناسب مع وقت النشاط .

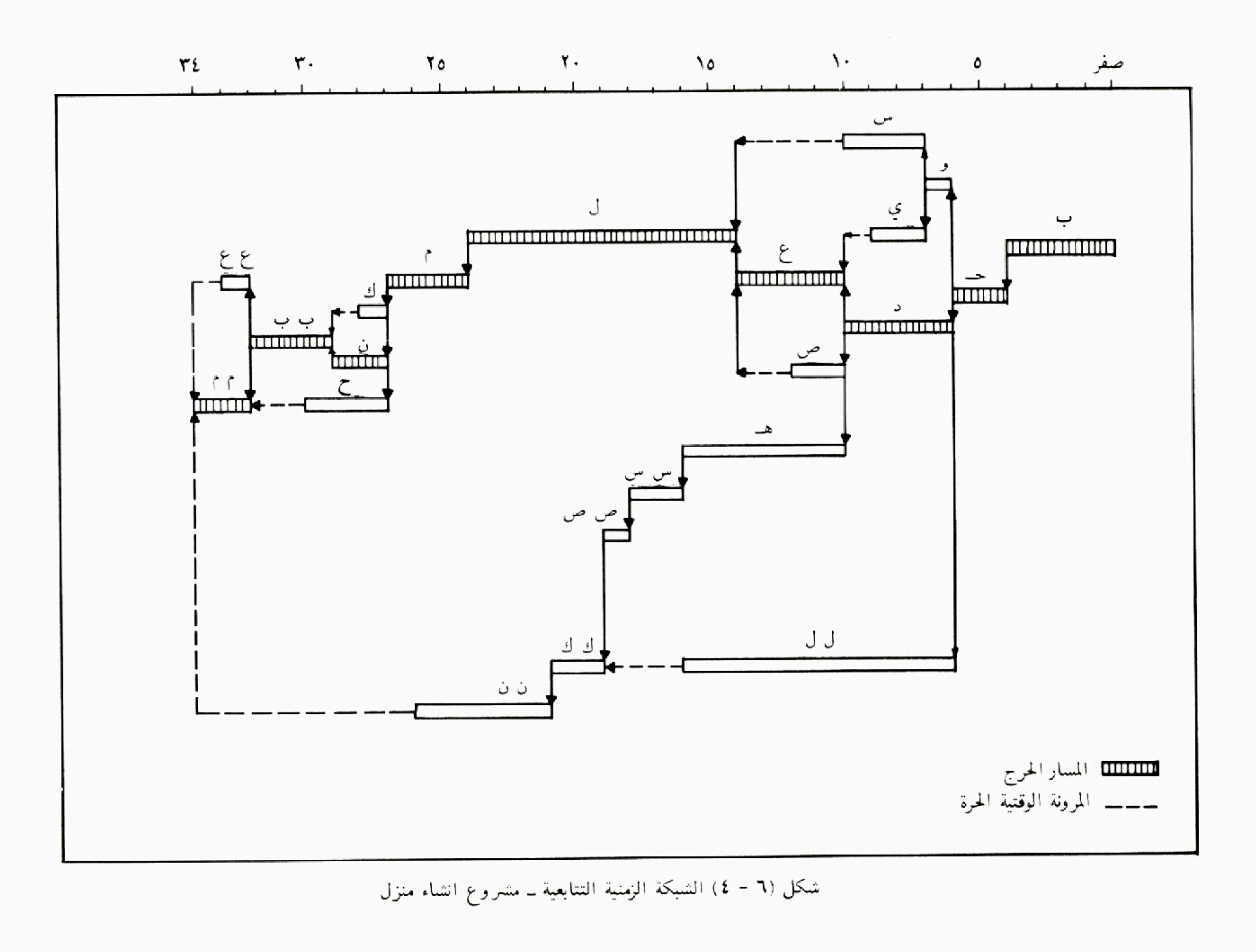
٦ - ٢ الرقابة على المشروع

الرقابة هي الجهاز الديناميكي الذي يتحكم ويصحح مسار العمل في المشروع وذلك لإنجازه على الوجه المخطط له . ويساهم التخطيط في اختيار أنسب الطرق الاقتصادية للعمل وتحديد حجم العمل ، والقوى العاملة . والاحتياجات المالية وتوفير المواد ... الخ ، ويتم الترتيب الزمني للأعمال عن طريق الجدولة باستخدام طريقة المسار الحرج ، ويستفاد منها في نواحي كثيرة مثل تحديد بداية ونهاية كل نشاط ونقطة بدء أي مقاول مع مقاول آخر ، حيث كل منهما مسئول عن تنفيذ جزء من المشروع . وكذلك مراعاة تنفيذ العمل وفقاً للتكلفة المعينة له ، ويتعرض أي عمل إلى توقفات غير مخططة أو محسوبة ويوجد ثلاثة أهداف لخطة الرقابة الجيدة يجب تحقيقها . أولاً : يجب أن تمثل الخطة العمل وتسمح بإتمامه على الوجه المحدد له وبالطريقة المحددة سلفاً وبمراعاة المواصفات ، ثانياً : يجب أن تسمح الخطة بتحديد الانحرافات عن الجدول المعين للعمل وتقويمه والتنبؤ به . ثالثاً . يجب أن تشتمل الخطة على بعض التصحيحات الدورية بحيث يبقى الهدف العام هو تحقيق الخطة المحددة ودائماً السير قدماً على الطريق الصحيح لإنجاز وتحقيق الهدف .

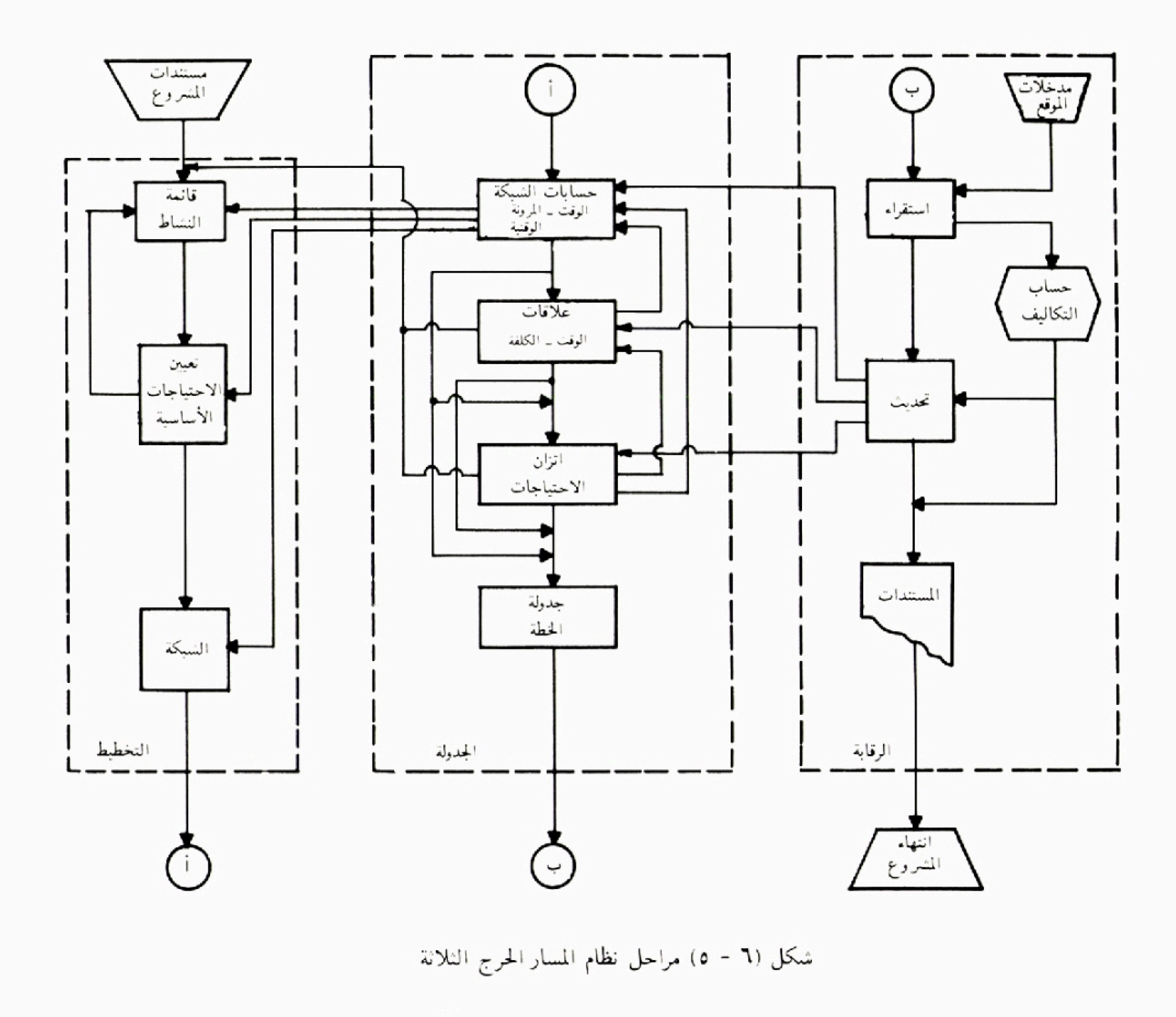
وتتكون الرقابة على المشروع من هدفين رئيسيين هما الاستقرار والتحديث . ويسمح الاستقرار لادارة المشروع بتحديد التقدم في العمل واكتشاف أي انحرافات عن الخطة المجدولة المحددة سلفاً . ومع تحديد هذه الانحرافات أو جوانب التقصير في تحقيق الخطة المحددة (أو جزء منها) ، فإن ذلك سيكون له دوراً تأثيرياً على التكلفة أو الوقت . وعلى هذا فإن جدولة الخطة ستتغير ، ويتم تحديثها لتحقيق احتياجات المشروع . ويوضح شكل (٦ - ٥) الثلاث مراحل



شكل (٦ - ٣) الشبكة الزمنية السهمية ـ مشروع انشاء منزل



شكل (٦ - ٤) الشبكة الزمنية التتابعية ـ مشروع انشاء منزل



شكل (٦ - ٥) مراحل نظام المسار الحرج الثلاثة

لنظام المسار الحرج . ويلاحظ من هذا الشكل تداخل المراحل الثلاث ، كما يلاحظ أيضاً التأثير الديناميكي للرقابة على المشروع[1] .

٦ - ٢ - ١ مستويات الرقابة

تتغير خطط الرقابة على المشروع وفقاً للآتي :

- الشركة القائمة بالتنفيذ (حجمها ـ الخبرة السابقة ...)
- مدى التقيد بتنفيذ المشروع في وقته المحدد .
- حجم المشروع .

ويعتبر حجم المشروع العامل الهام للمقاول عند وضعه خطة الرقابة . ومن الطبيعي أن تحتاج المشروعات الكبيرة إلى أعمال رقابة أكثر من المشروعات الصغيرة .

ويلزم لرقابة المشروعات الصغيرة مستويين من الرقابة هما : شبكة تفصيلية للمشروع ، ونظام للتقارير . وتكون مدة تنفيذ المشروع هي حجر الزاوية . ويطور المقاول الشبكة والجدولة لتحقيق حجر الزاوية ، وتعد تقارير يومية عن سير الأعمال والتكلفة الواقعية خلال مدة التنفيذ . ويبين جدول (٦ - ٧) نموذجاً للتقرير اليومي . ويلاحظ أن المقاول يمكنه تطوير مثل هذه النماذج لاستخدامها وفقاً للحالات الخاصة لكل مشروع . وبالإضافة إلى هذا الجدول يمكن كذلك استخدام مخطط المستقيمات للمشروع ووضع علامات على الأنشطة تبين الموقف بالنسبة لكل منها على حدة ، كما يمكن استخدام نموذج خاص بالتكلفة التراكمية (وهي مجموع الكلفة في الأيام السابقة) ومقارنة ذلك بالميزانية المقترحة . أما في المشروعات المتوسطة الحجم فقد يلزم إعداد مزيد من الشبكات والجداول ويعرف المشروع المتوسط الحجم على أنه لا يتجاوز ثلاثمائة نشاط . ويفضل في مثل هذه الحالات عمل شبكة مختصرة لتستخدمها الإدارة العليا ، كما أن بعض الأجزاء من الأعمال قد تحتاج لشبكة خاصة لايضاح مزيد من التفاصيل وتتكون التقارير الخاصة بالمشروعات متوسطة الحجم من مخطط المستقيمات للمشروع ، ونموذج التكلفة التراكمية ونماذج مقارنة بين مدى استخدام الامكانيات ومطابقتها للأهداف الموضوعة ، وذلك بالاضافة إلى الشبكة (أو الشبكات) والجداول .

وتتكلف المشروعات الكبيرة مزيداً من الأموال والوقت والمجهود ، وعلى هذا تكون مستويات الرقابة كثيرة ومتعددة . وتكون أول شبكة للمشروع هي حجر الزاوية ، وتعد هذه الشبكة في المراحل الأولى للمشروع ، وتعتمد على نطاق العمل والخبرة السابقة للشركة عن المشروعات المتشابهة . وتترجم هذه الشبكة إلى تاريخ بدء وانتهاء ، وكذلك إلى شبكة مختصرة للإدارة العليا . وتعرف هذه المرحلة بالمستوى الأول للرقابة ، وهو المحافظة على التواريخ المحددة على الشبكة

---

1 Precedence and Arrow Networking Techniques for Construction,
by Robert B. Harris.

جدول (٦ - ٧) نموذج للتقرير اليومي

النشـــاط		وقت النشاط	هل بدأ التنفيذ هل لم يبدأ هل انتهى	تاريخ البدء وفقاً للخطة	تاريخ الانتهاء وفقاً للخطة	تاريخ البدء المتوقع	تاريخ الانتهاء المتوقع	أسباب التأخير إن وجدت	الكلفة وفقاً للميزانية	الكلفة الفعلية	أسباب الفرق في الكلفة إن وجدت
رمزه	وصفه										

الكاملة والجدولة . ويعرف المستوى الثاني للرقابة من الشبكة المختصرة . ويتكون المستوى الثالث للرقابة من البيانات الخاصة بالموقع ، وشبكة الاحتياجات ، والجدولة . ويتكون المستوى الرابع للرقابة من الشبكات التفصيلية ، والجدولة التي أعدت خصيصاً للمهندسين والمشرفين . وتعد هذه الشبكات التفصيلية في الموقع لتخصص ما أو لأقسام الاحتياجات وليست للمشروع كله .

ويجب أن تكون التقارير مستوفاة وكاملة للمشروعات الكبيرة لتعكس وضع الجدولة المختصرة والتفصيلية . وبالاضافة إلى ذلك ستقدم تقارير عن الأنواع الأربعة للاحتياجات ، وهي العمالة ، والمعدات ، والمواد ، والكلفة ، وتكون هذه التقارير إما مخرجات من الحاسب الآلي أو تمثيلاً بيانياً . وسنقدم فيما يلي بعض المعلومات التي تستخدم في الرقابة على المشروع ، وعلى القارىء أن يجمعها ويختار المناسب منها لعمل خطة العمل الخاصة بالرقابة على المشروعات .

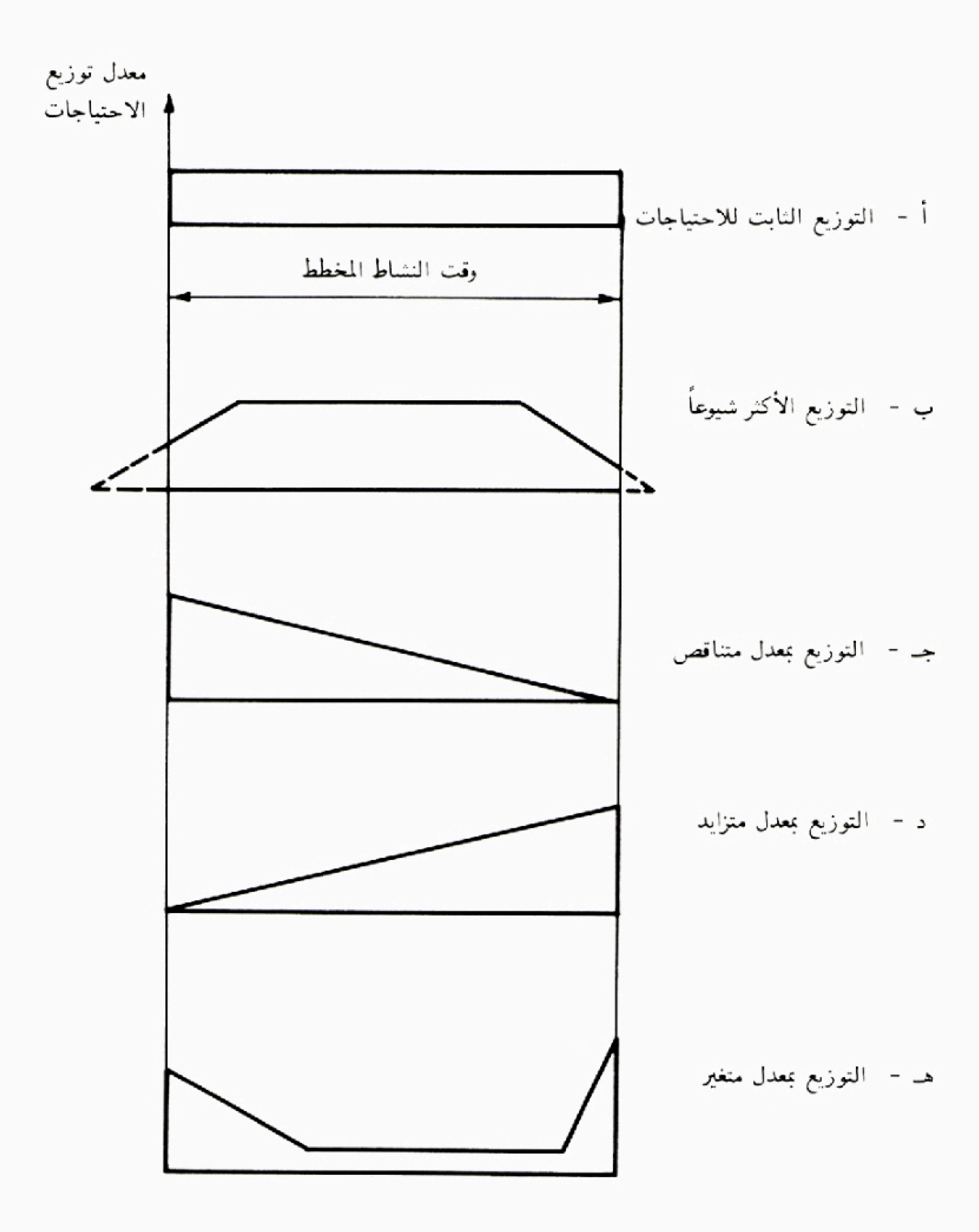
٦ - ٢ - ٢ خصائص النشاط ـ الهدف

قبل الخوض في تفاصيل تحقيق الأهداف المجدولة ، فإنه من المستحسن اختيار خاصيتين للنشاط ؛ الخاصية الأولى هي كيفية توزيع الاحتياجات على النشاط . أما الخاصية الثانية فهي كيفية قياس انتهاء النشاط .

مما سبق تقديمه يلاحظ أن توزيع الاحتياجات على النشاط يكون بمعدل منتظم وثابت وأن هذا التوزيع لا يلائم الواقع . فتوزع الاحتياجات على النشاط في أغلب الحالات بمعدل متزايد حتى الوصول إلى أقصى معدل ، ثم تستمر على هذا المعدل ، وبعد ذلك تنخفض تدريجياً حتى الانتهاء من النشاط ومما يجدر ذكره أنه توجد نماذج أخرى من توزيع الاحتياجات على النشاط . ويبين شكل (٦ - ٦) النماذج المختلفة لتوزيع الاحتياجات . وهي على النحو التالي :

أ - التوزيع المنتظم للاحتياجات ـ وفقاً للخطة .
ب - التوزيع المستخدم في أغلب الحالات الفعلية .
ج - التوزيع بمعدل متناقص ـ تحتاج الأنشطة إلى احتياجات كبيرة عند بدء العمل ثم تنخفض تدريجياً حتى الانتهاء من النشاط .
د - التوزيع بمعدل متزايد ـ يكون الاحتياج قليلاً عند البدء ثم يزداد تدريجياً حتى الانتهاء من النشاط .
هـ - التوزيع بمعدل متغير ـ قد يكون من المناسب توزيع الاحتياجات بمعدلات متغيرة طوال فترة التنفيذ للنشاط .

ويتوقع في الحياة العلمية أن نجد كل النماذج الخاصة بتوزيع الاحتياجات على النشاط ، ولكن من الصعوبة تحديد النموذج المناسب لكل نشاط ، إذ أن أغلب الاختلافات تحدث أثناء التنفيذ . وقد يمكن التكهن في بعض الحالات عن النموذج المناسب للشركات ذات الخبرة الطويلة في أنشطة متماثلة ، ولو أن الاختلافات الخاصة بكل موقع والظروف الجوية ونوعية العمالة والمعدات



شكل (٦ - ٦) نماذج توزيع الاحتياجات على النشاط

وغيرها تعتبر من العوامل التي تؤثر على تنفيذ النشاط . وقد تؤدي في أحيان كثيرة إلى هدم كل التوقعات . مما سبق يتضح أن المخطط ليس أمامه إلا العمل على أساس أن التوزيع للاحتياجات سيكون بمعدل ثابت ومنتظم ، مع ملاحظة أن كل النماذج لابد أن تحتاج نفس الوقت في التنفيذ .

وتستخدم التكلفة كأساس لقياس انتهاء النشاط . فإذا افترضنا أن توزيع الاحتياجات يتم بطريقة منتظمة وثابتة ، فإن معدل تكلفة النشاط ستكون أيضاً منتظمة وثابتة . ومن الثابت والواضح أن ذلك لا يطابق الواقع ، ولكن لا توجد طريقة أخرى أفضل للقياس ، وعلى سبيل المثال لو افترضنا أن نشاطاً ما استنفذ نصف التكلفة المحددة له ، فإنه يمكن القول بأن نصف هذا النشاط قد انتهى .

٦ - ٢ - ٣ إعداد جدولة الهدف (الأساسي)

تعرف جدولة الهدف بأنها المواعيد الخاصة بأنشطة المشروع والتي روعي فيها الظروف المحيطة بالعمل . وتختلف هذه المواعيد عن التي تم حسابها سابقاً ، أي يمكن أن نطلق على المواعيد السابقة بالمواعيد النظرية ، وجدولة الهدف بالمواعيد الفعلية الواقعية .

يعتبر إعداد جدولة الهدف من أهم العوامل التي تتحكم في نوعية خطة الرقابة على المشروع ، ويؤدي الإعداد الصحيح لجدولة الهدف إلى المرونة في سير الأعمال واليسر في عمليات الرقابة والتخفيض في التكلفة ، وتساعد خطة الجدولة الجيدة والرقابة السليمة على حل المشاكل اليومية التي تعترض سير العمل ، حتى في الحالات التي تكون فيها الشبكات وغيرها من البيانات الخاصة بالمشروع قد أعدت إعداداً جيداً . ومن بين هذه المشاكل تحديد الأنشطة المستمرة للأيام القادمة ، والتي ستبدأ في ذلك اليوم ، والتي قد انتهت ، وما يستلزم ذلك من تجهيزات لبدء واستمرار العمل . ويتأخر إنجاز الأعمال في حالات خطط الرقابة والتغذية العكسية غير السليمة أو غير الواقعية ويحتاج المرء إلى قرارات كثيرة تتعلق بتعديل المسارات التي تؤدي في النهاية إلى زيادة كبيرة في التكلفة .

وتتعدد اختيارات جدولة الهدف فهي إما أن تكون مستمدة من الوقت الأول ، أو الوقت الأخير أو الإثنين معاً ، وعلى القارىء أن يتصور مدى الصعوبات التي يواجهها أي مخطط في تطبيع ما قد حدده سلفاً من مواعيد ، وما قد يجده أثناء سير العمل من انحرافات قد تكون ناتجة عن سوء تقدير أو ظروف خارجة عن إرادته .

ويختار بعض المهندسين الوقت الأول كأساس لخطة الرقابة ، وتعد جدولة الهدف من هذا المنطلق ، فلو تصورنا الوقت الأول لكل نشاط والتزمنا به طوال مدة التنفيذ ، لوجدنا أننا سنواجه صعوبات كثيرة للحفاظ عليه ، وقد وجد بالخبرة أنه من الصعوبة بمكان اختيار الوقت الأول كأساس لجدولة الهدف .

وقد نشأ بعد ذلك اختيار الوقت الأخير كأساس لجدولة الهدف ، نعم ، أن هذا الاختيار

أفضل من الاختيار الأول نتيجة لتقليل عدد الأعمال التي تتم في نفس الوقت ، لكن احتمال التأخير لبعض الأنشطة مازال قائماً ، وهنا نجد أن هذا التأخير يؤدي بشكل مباشر إلى زيادة مدة التنفيذ المحددة سلفاً مع صاحب المشروع ، مما قد يؤدي إلى دفع الجزاءات المادية أو خسارة السمعة أو بعضاً منها ، والتي يجب أن تحافظ عليها أي شركة منفذة .

لم يبق الآن غير الاختيار من الوقت الأول والأخير معاً . يتساوى الوقت الأول والأخير للأنشطة الحرجة ، ويجب بناء على ذلك المحافظة والالتزام بتنفيذ هذه الأنشطة في أوقاتها المحددة . وتحتوي الأنشطة الأخرى غير الحرجة على بعض من المرونة الوقتية ، وعليه يمكننا تأخير بدء بعض الأنشطة مع ملاحظة ودراسة كل سلسلة من الأنشطة لها نفس المسار والمرونة الوقتية الكلية . وقد وجد أغلب المهندسين أن الاختيار الثالث هو الأفضل .

ويجب عند إعداد جدول الهدف دراسة بعض العوامل التي تؤثر على سير الأعمال . ومن بين هذه العوامل نذكر التالي :

- موقع العمل ، وكيفية الوصول اليه والاستعدادات الخاصة ببدء العمل .
- الظروف المناخية ، ويؤثر ذلك في أغلب الأحيان نتيجة لموسم العمل (صيفاً ـ شتاءاً) .
- الموافقة الرسمية على بدء العمل ، وهنا يجب تقدير ذلك جيداً . ومعرفة خطواتها بشكل مفصل ، وإلا فإن التكلفة الكلية ستزداد نتيجة لعدم الدراسة بظروف الدولة ومتطلباتها من إدارة المشروع .
- القوى العاملة ـ استعدادها ، وتدريبها ، ودرايتها بنوع العمل ومتطلبات الأنشطة التي سيقومون بتنفيذها .

يتضح مما سبق أن التحليل الكامل للمشروع بعد دراسة الظروف المحيطة بالعمل ، يؤدي إلى تحديد جدولة الهدف والتي تعكس الواقع الفعلي بقدر المستطاع ، ثم تبدأ الرقابة الجيدة من خلال عملية الاستقراء .

٦ - ٢ - ٤ استقراء المشروع

لو وضع الإنسان خطة لعمل ما ، ينبغي عليه أن يحدد أجهزة للقياس ، لإمكان الحكم على أن العمل يتم وفقاً للخطة الموضوعة أم لا، ويحكم الإنسان على تحقيق الخطة الموضوعة بإستقراء هذه الأجهزة .

يستقرء مدير المشروع الأجهزة التي تقيس التقدم في سير العمل ، ليحدد هل يتم المشروع وفقاً للخطة المحددة أم لا؟ ... فتقيس أجهزة استقراء المشروعات التأخير في الإمدادات ، والأعطال ... الخ ، وتعتبر أجهزة الاستقراء هي التقارير المتنوعة التي ترد من الموقع ومن المراقبة الفعلية له .

يرتبط استقراء المشروع ارتباطاً عضوياً بالتغذية العكسية لتقدم سير العمل . ومن الواضح

أن الأخير يكون عملاً بسيطاً إذا كان المشروع صغيراً ، وتزيد درجة تعقيد هذه العملية كلما زاد حجم المشروع .

التغذية العكسية

تصل المعلومات لمدير المشروع عن سير العمل (أي التغذية العكسية) بعدة وسائل منها :

(١) الاتصال المباشر - ويتم ذلك عن طريق الأفراد القائمين بالتنفيذ أو رؤسائهم المباشرين - بمدير المشروع مباشرة ، ويحدد له أوجه وأسباب الاختلاف بين الخطة الموضوعة والفعلية .

(٢) التقارير - وترى بعض الشركات أنه من الأفضل وضع نظام يمكن بواسطته تحديد مدى مطابقة الخطة الموضوعة بالفعلية . وتضع كل شركة نظاماً خاصاً بها يعتمد أساساً على المشروع نفسه وعلى الأهداف المراد تتبعها وقياسها . وتتأثر فعالية هذا النظام بتحديد البنود الهامة فيه ، وهل هي هامة أم لم تأخذ بعض البنود في الاعتبار ؟ .. كما تتأثر أيضاً بالفترة الزمنية بين التقارير المتعاقبة .

(٣) مخطط المستقيمات - في بعض الحالات تمد إدارة المشروع المدير التنفيذي بنسخة من مخطط المستقيمات ، وعلى الأخير تزويد مدير المشروع بصور متتالية موضحاً عليها بعلامات خاصة سير العمل بالموقع .

(٤) الشبكات - قد يكون من المستحسن تسليم المدير التنفيذي نسخة من شبكة الهدف الكامل للمشروع ، ويدون المدير التنفيذي عليها ملاحظاته حول سير العمل ، ويسلمها كل فترة لمدير المشروع للمراجعة واتخاذ اللازم ، وتقسم الشبكة في هذه الحالة إلى عدة أجزاء للمشروعات الكبيرة .

٦ - ٢ - ٥ التقويم

تقوم المجموعة المكلفة بالرقابة على المشروع باستقراء المشروع وتزويد إدارة المشروع بالتغذية العكسية لاتخاذ القرارات اللازمة حيالها . وتبدأ عملية التقويم بمقارنة النتائج الفعلية بالخطة الموضوعة ودراسة تأثير التغييرات التي حدثت أثناء التنفيذ على مدى الالتزام بالخطة الموضوعة . ويتم اتخاذ القرارات اللازمة (تغيير بدء بعض الأنشطة ، أو الإسراع في إحضار بعض الإمدادات ، وخلافه من قرارات) من قبل إدارة المشروع ومن قبل القائمين على التنفيذ ، حيث أنهم قادرون على تزويد إدارة المشروع باقتراحات بناءة نظراً لمعايشتهم للواقع ، وتتخذ إدارة المشروع بعد ذلك الإجراءات الكفيلة بضمان حسن سير العمل والوصول لجدولة الهدف .

مخطط المستقيمات

يستخدم مخطط المستقيمات للمشروع كأداة من أدوات التقويم . ويزود المسئولون عن الموقع إدارة المشروع بالتغذية العكسية وهي مخطط المستقيمات للمشروع موضحاً عليه ما تم انجازه حتى

النشاط: رمز	النشاط: الوصف	وقت النشاط (يوم)	
ب	الحفر والردم	٤	أنشطة حرجة
خ	صب الأساسات	٢	أنشطة حرجة
د	عمل الشدة الخشبية	٤	أنشطة حرجة
ع	أعمال التدفئة والتهوية	٤	أنشطة حرجة
ل	أعمال البياض	١٠	أنشطة حرجة
م	تشطيب الأرضيات	٣	أنشطة حرجة
ن	عمليات السباكة الأولية	٢	أنشطة حرجة
ب ب	الدهان	٣	أنشطة حرجة
م م	فرش الأرضية	٢	أنشطة حرجة
و	أعمال الصرف الصحي	١	أنشطة غير حرجة
ل ل	تركيب الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار	١٠	أنشطة غير حرجة
س	عمليات السباكة الأولية	٣	أنشطة غير حرجة
ي	صب أرضية القواعد	٢	أنشطة غير حرجة
هـ	أعمال البناء	٦	أنشطة غير حرجة
ص	أعمال الكهرباء الأولية	٢	أنشطة غير حرجة
ص ص	تشطيب السقوف	٢	أنشطة غير حرجة
س س	تركيب المصارف	١	أنشطة غير حرجة
ك ك	تشطيب سلبيات الطرق	٢	أنشطة غير حرجة
ن ن	أعمال تنسيق الموقع والممرات	٥	أنشطة غير حرجة
ك	تجهيز المطبخ	١	أنشطة غير حرجة
ح	أشغال النجارة	٣	أنشطة غير حرجة
ع ع	تشطيب أعمال الكهرباء	١	أنشطة غير حرجة

صفر ١٠ ٢٠ ٣٠ ٣٤

يوم الاستقراء

الوقت وفقاً للخطة المستهدفة
المرونة الوقتية الكلية
المرونة الوقتية الحرة
الوقت الفعلي

شكل (٦ - ٧) مخطط المستقيات للشبكة التتابعية لانشاء منزل
استقراء اليوم الثامن عشر

تاريخ تسليم النسخة ، وعلى الإدارة اتخاذ الإجراءات اللازمة لضمان حسن سير العمل . ويبين شكل (٦ - ٧) مخطط المستقيمات للشبكة التتابعية لانشاء منزل بعد انتهاء اليوم الثامن عشر ، وهنا نلاحظ التالي بعد استقراء اليوم الثامن عشر .

(١) استمر النشاط (و) يومين وقد استنفذ اليوم الثاني من المرونة الوقتية الكلية ، مما يؤثر على تأخير بدء الأنشطة التي تعتمد عليه . وتأخر أيضاً بدء النشاط (س) يوماً واستمر أربعة أيام بدلاً من ثلاثة أيام ، وقد عوضت هذه الزيادة من المرونة الوقتية الحرة للنشاط ، مما لا يؤثر على الأنشطة الأخرى . وتأخر كذلك بدء النشاط (ي) يوماً واحداً ، واستمر حتى نهاية اليوم العاشر ، وقد أمكن الاستفادة من المرونة الوقتية الحرة له .

(٢) تأخر وصول الأجزاء الخاصة بتصريف مياه الأمطار ، مما كان له الأثر في تأخر بدء النشاط (ل ل) يومين ، وقد تم تعويضهما من المرونة الوقتية الحرة .

(٣) تأخر بدء النشاط (س س) يوماً وزادت مدة التنفيذ يوماً آخر ، وقد أخذت هذه الزيادة من المرونة الوقتية الكلية . كما تأخر بدء النشاط (ص ص) يومين ، وقد تم في الوقت المحدد له مع تأخير يومين استغلت من المرونة الوقتية الكلية وتأثر على ذلك أيضاً بدء النشاط (ك ك) ، ومن ثم النشاط (ن ن) .

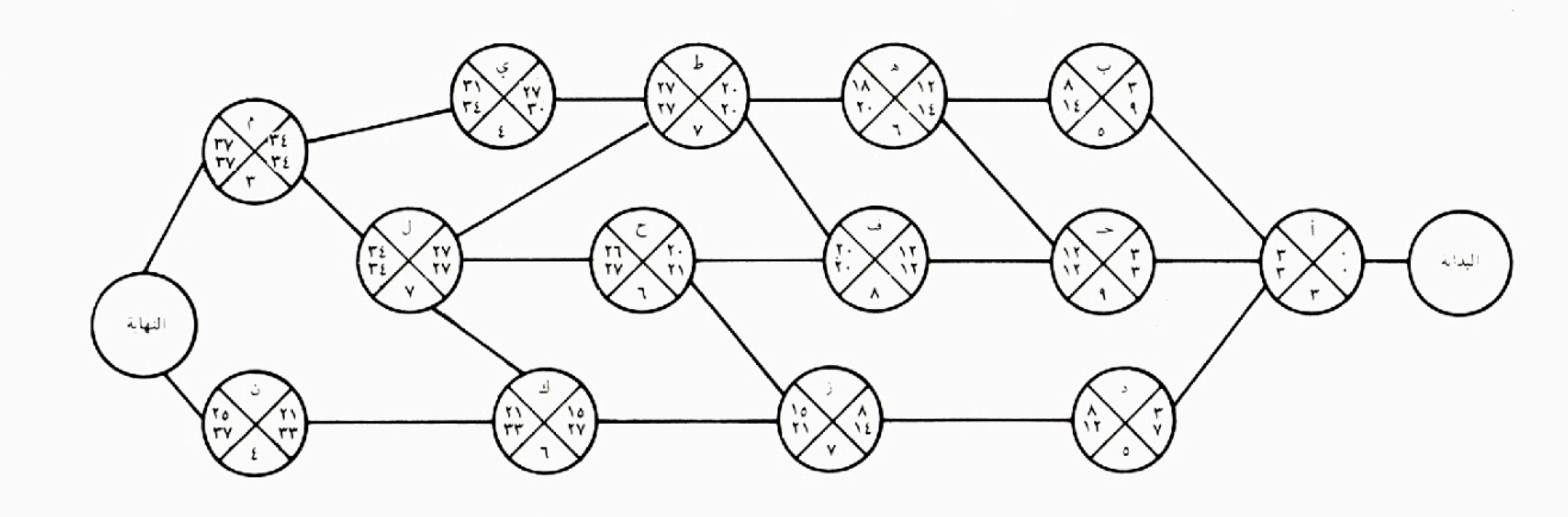
وقد اتخذت إدارة المشروع عدداً من القرارات في نهاية اليوم الثامن عشر لاستمرار العمل ، ولم تؤثر هذه القرارات على زيادة مدة التنفيذ الكلية ، ولكن هذا لا يعني ألا تتأثر مدة التنفيذ الكلية بعد ذلك . وهذه القرارات مبينة بالخطوة رقم (٣) .

كما يمكن استخدام منحنى التكلفة كوسيلة من وسائل الرقابة على المشروع . ويوضح هذا المنحنى العلاقة بين الكلفة والوقت ، ويحدد عليه بعض النقاط الاختيارية للرقابة. وتتم المقارنة بين التكلفة المقترحة والحقيقية ، وتتخذ القرارات اللازمة لضمان استمرار التنفيذ بالطريقة المثلى .

٦ - ٢ - ٦ التحديث

تهدف عملية التحديث إلى تعديل خطة الهدف لتحقيق أهداف المشروع (أي تسليمه في الفترة الزمنية المحددة له وفي حدود الميزانية المخصصة له بقدر المستطاع) . ويمكن اعتبار تحديث المشروع على أنه تخطيط وجدولة الجزء الباقي من المشروع . وتتكلف إجراءات التحديث كثيراً من الوقت والمال ، مما يستلزم أن يكون القرار بيد الإدارة العليا للمشروع . وتتلخص بعض المشاكل التي تدفع الإدارة إلى تحديث المشروع فيما يلي :

- المشاكل المتراكمة من الاستقراء من أعمال لم يتم حلها في حينها .
- تغيير في أوقات بعض الأنشطة مما يؤثر على التسلسل المنطقي للعمل .
- تغيير في تصميم المشروع .
- تأخير توريد بعض المستلزمات .
- تأخير بسبب الإصابة أو إعطال المعدات والماكينات .



شكل رقم (٦ - ٨)
الشبكة التتابعية لمشروع مجمع سكني لأحد الشركات بمدينة الرياض

جدول (٦ - ٨)

حسابات المشروع بعد التحديث

اسم النشاط	المدة الجديدة المتوقعة	الإعتماد	البدء الأول	الانتهاء الأول	البدء المتأخر	الانتهاء المتأخر	المرونة الكلية	المرونة الحرة	المرونة المتداخلة	ملاحظات
					أ					
					—					
					—					
ب	—	أ								
ج	—	أ								
د	—	أ								
هـ	—	ب ، ج								
و	٤	ج	١٤	١٨	١٤	١٨	٠	٠	٠	
ز	٤	د	١٤	١٨	١٤	١٨	٠	٠	٠	
ح	٨	و ، ز	١٨	٢٦	١٨	٢٦	٠	٠	٠	
ط	٤	هـ ، و	١٨	٢٢	٢٢	٢٦	٤	٠	٤	
ي	٤	ط	٢٢	٢٦	٣١	٣٥	٩	٩	٠	
ك	٣	ز	١٨	٢١	٢٣	٢٦	٥	٠	٥	
ل	٩	ط ، ح ، ك	٢٦	٣٥	٢٦	٣٥	٠	٠	٠	
م	٣	ط ، ل	٣٥	٣٨	٠	٠	٠			
ن	٦	ك	٢١	٢٧	٣٢	٣٨	١١	٠	١١	

المدة الجديدة المتوقعة لإكمال تنفيذ المشروع بعد التحديث = ٣٨ أسبوعاً .

أعطال ناتجة عن الظروف الجوية السيئة أو مرض أحد كبار المسئولين عن التنفيذ أو إدارة المشروع .

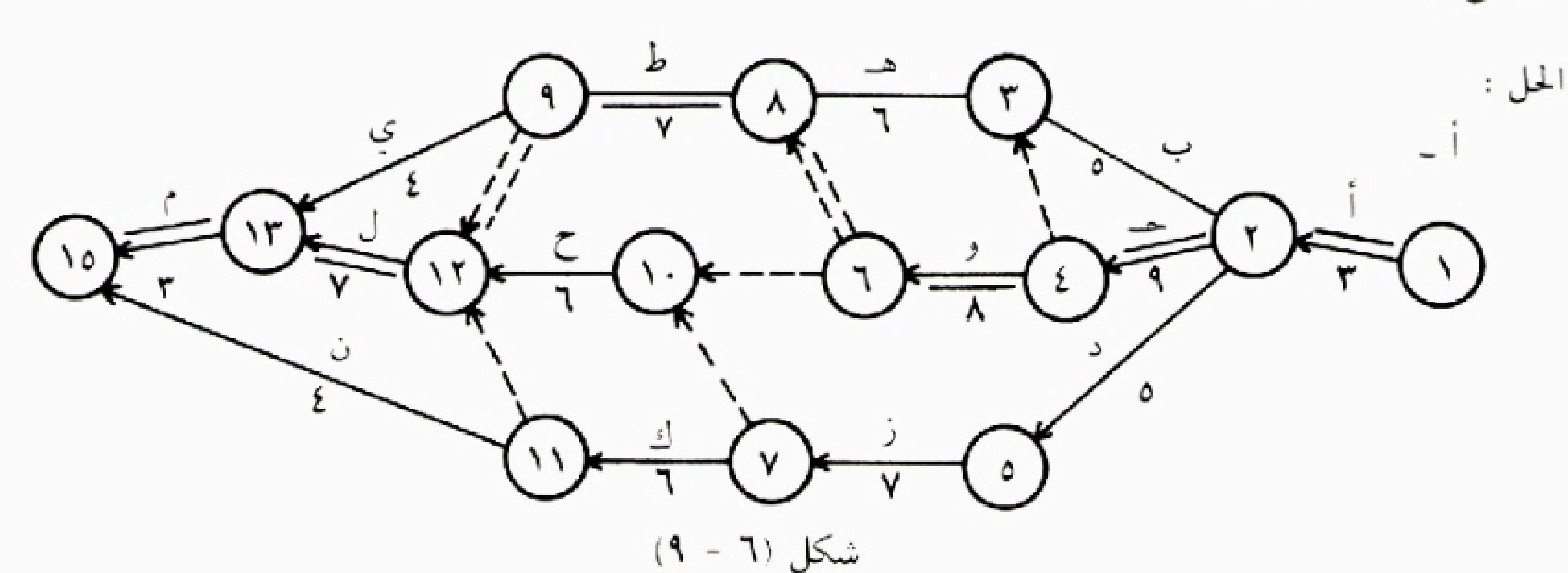
ويبين البيان التالي كيف تتم عملية تحديث المشروع .

تنوي إحدى الشركات إقامة مجمع سكني سابق الصنع لموظفيها في مدينة الرياض ويمثل الشكل رقم (٦ - ٨) رسماً للشبكة التتابعية للمشروع والمطلوب :

(أ) رسم الشبكة السهمية لنفس المشروع ، على أن تستعمل نفس الأسماء للأنشطة المختلفة ، وأن يستعمل أصغر عدد ممكن من الأنشطة الشكلية « غير الزمنية » . وذلك كما في شكل (٦ - ٩) .

الحل :

أ -



شكل (٦ - ٩)

الشبكة السهمية للمثال أعلاه قبل التحديث

يلاحظ أن الخط المضاعف يمثل المسار الحرج

أما مدة تنفيذ المشروع فهي ٣٧ اسبوعاً

(ب) إذا قررت (كمخطط للمشروع) بعد مرور ١٤ أسبوعاً من بداية تنفيذ المشروع أن تحدث البرنامج ، فقم بدراسة شاملة للمشروع لتصل إلى النتائج التالية :

١ - الأنشطة أ ، ب ، ج ، د ، هـ تم إكمال تنفيذها .

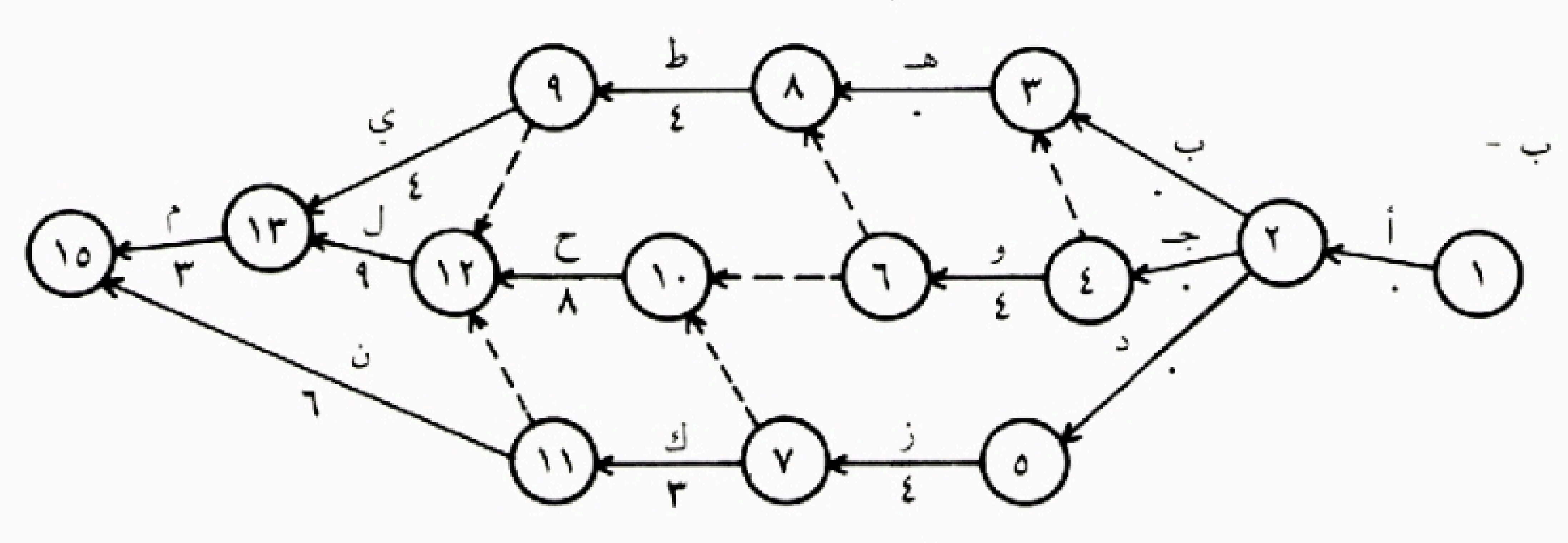
٢ - النشاط و نفذ بنسبة ٥٠٪ .

٣ - الأنشطة ح ، ل ، ن ، يجب زيادة مدة تنفيذ كل منها أسبوعين إضافيين .

٤ - يمكن تخفيض مدة كل من الأنشطة ط ، ز ، ك ، بمقدار ثلاثة أسابيع .

٥ - تبقى مدة تنفيذ بقية الأنشطة كما هي دون تغيير .

ب -



شكل رقم (٦ - ١٠)

الشبكة السهمية للمثال بعد أن أجرى تحديثها

(ج) أجر عملية التحديث وأكمل جدولا يمثل حسابات الوقت الأول والأخير كما في الجدول (٦ - ٨) .

(د) أوجد قيمة المرونة الوقتية الكلية ، والمرونة الوقتية الحرة والمرونة الوقتية المتداخلة .

(هـ) وضح المسار الحرج لشبكة البرنامج ، وأحسب المدة الجديدة لتنفيذ المشروع . والشكل (٦ - ١٠) يبين الشبكة السهمية للمثال بعد أن جرى تحديثها.

تمارين

٦ - ١ أرسم مخطط المستقيات للشبكة السهمية لمشروع تصميم مبنى إحدى الكليات والموجود بالباب الثالث . استخدم الرموز التالية لكل من :

المرونة الوقتية الكلية - - - -

المرونة الوقتية الحرة = = = =

المرونة الوقتية غير الاعتيادية ‡ ‡ ‡ ‡

٦ - ٢ أرسم مخطط المستقيات للشبكة التتابعية لمشروع إنشاء منزل والموجود بالباب الثالث . استخدم نفس الرموز المستخدمة في التمرين (٥ - ١) .

٦ - ٣ أرسم مخطط المستقيات للشبكة السهمية للتمرين (٣-٥-٥) ، ووضح على لوحة التمثيل البياني المرونة الوقتية الكلية ، والمرونة الوقتية الحرة ، والمرونة الوقتية غير المتداخلة .

٦ - ٤ أرسم مخطط المستقيات للشبكة التتابعية للتمرين (٣-٥-٦) ، ووضح عليها المرونة الوقتية للنشاط .

٦ - ٥ أرسم الشبكة السهمية الزمنية لمشروع إعادة تشييد ماكينة تجليخ العدد والموضحة بالباب الثالث . بين المرونة الوقتية الحرة فقط .

٦ - ٦ أرسم الشبكة التتابعية الزمنية للتمرين (٥ - ٥) . وضح فقط المرونة الوقتية الحرة على الشبكة .

٦ - ٧ جدول تاريخ البدء ، الانتهاء الأول والأخير وكذلك المرونة الوقتية الكلية والمرونة الوقتية الحرة للتمرين (٣-٥-٧) مع افتراض التالي :

١ - عدد أيام العمل الأسبوعية ستة .

٢ - يبدأ العمل السبت الأول من شهر رجب ١٤٠٢ هـ .

٣ - يتوقف العمل في الأجازات الرسمية .

جدول أيضاً المشروع موضحاً عليه تاريخ النشاط والأنشطة السابقة واللاحقة له .

٦ - ٨ يراد تحديث المشروع المبين بالتمرين (٣-٥-٤) وفقاً للمعلومات التالية :

١ - يوم جمع المعلومات هو نهاية اليوم العشرين .

٢ - انتهى النشاطان (أ ، ب) فقط .

٣ - لم يتم البدء في أية أنشطة أخرى .

٤ - سيتأخر بدء النشاط (ح) يومين نظراً لتأخر وصول بعض المواد الخام اللازمة لبدء العمل .

٥ - تم إعادة الحسابات فاتضح أن النشاط (ص) يحتاج إلى أربعة عشر يوماً فقط بدلاً من ستة عشر يوماً .

٦ - يحتاج النشاط (ع) إلى تسعة أيام بدلاً من سبعة أيام .

٧ - يحتاج النشاط (ك) إلى عشرة أيام بدلاً من اثنى عشر يوماً .

٨ - اتضح أن النشاط (ن) يعتمد فقط على (ص ، ع) .

٩ - تظل بقية أنشطة المشروع كما هي:

أ - أرسم الشبكة التتابعية الجديدة للمشروع

ب - أحسب تاريخ تسليم المشروع ، إذا علم أن نهاية اليوم العشرين من العمل كان ٦ شوال ١٤٠٢ هـ ـ مع العلم بأن عدد أيام العمل الأسبوعية ستة .

ح - أرسم مخطط المستقيات للشبكة مبيناً عليها المرونة الوقتية الحرة والكلية فقط .

الباب السابع

التوزيع المنتظم للاحتياجات

تبدأ عملية تحديد الاحتياجات لكل نشاط عند تقدير الوقت اللازم لإنجازه . ويحدد نوعية ومعدلات الاحتياجات (عمالة ـ معدات ـ مواد) من طبيعة الأعمال الواجب إتمامها لإنهاء النشاط . فعندما يبدأ المهندس التخطيط لمشروع ما فإنه يفكر أولاً في كل نشاط على حدة ، ويقترح له النوعية والكمية ومعدلات الاحتياجات . وفي أغلب الأحيان ـ بعد رسم الشبكة ـ نجد بعد تحديد الاحتياجات الكلية ومعدلاتها ، أن توزيعها غير منتظم أو مستو .

وهنا يحتاج المهندس إلى إعادة النظر في توزيع الاحتياجات بحيث يكون منتظماً قدر المستطاع طوال فترة التنفيذ . وتتعقد عملية التوزيع المنظم للاحتياجات كلما زاد حجم المشروع ، لذا فإنه من الضروري الاهتمام بهذا التوزيع كلما زاد حجم المشروع نظراً للمردود الاقتصادي والاداري الجيد للمشروعات ذات التوزيع المنتظم للاحتياجات .

يهدف التوزيع المنتظم للاحتياجات إلى توزيع العمالة في أغلب الأحيان ، وفي أحيان أخرى إلى توزيع المعدات .

وتوجد طريقتان للتوزيع المنظم للاحتياجات وهما :

(١) تهدف الطريقة الأولى إلى تقليل مستوى الاحتياجات مع التمسك بأوقات الأنشطة ومن ثم الوقت الكلي لشبكة المشروع ، وتسمى التوزيع المنتظم للاحتياجات غير الثابتة .

(٢) تهدف الطريقة الثانية إلى تقليل الوقت الكلي لإنجاز المشروع بقدر المستطاع مع ثبات مستوى الاحتياجات، وتسمى التوزيع المنتظم للاحتياجات الثابتة.

وقد بدأت عمليات التوزيع المنتظم للاحتياجات منذ فترة طويلة بالطرق التقليدية ثم تطورت باستخدام طرق بحوث العمليات وغيرها من الطرق الحديثة التي يستفاد فيها من الحاسب الآلي في حل هذه المشاكل . وتوجد كذلك طرق مبرمجة يمكن استخدامها مباشرة لحل مشاكل توزيع الاحتياجات للمشروعات المختلفة .

٧ - ١ توزيع الاحتياجات مع المحافظة على مدة التنفيذ

تهدف هذه الطريقة إلى محاولة التوزيع المنتظم للاحتياجات وذلك في الحدود الدنيا لمعدلات استخدام الاحتياجات مع الالتزام والتمسك بمدة تنفيذ المشروع . ويبين جدول (٧ - ١) مثالاً

جدول (٧ - ١) بيانات وحسابات المشروع

رمز النشاط	وقت النشاط (يوم)	يعتمد على	معدل الاحتياجات		نوع النشاط	الوقت الأول		الوقت الأخير		المرونة الوقتية الكلية	المرونة الوقتية الحرة
			عمالة	معدات		و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن		
أ	٨		١٠	س	مستمر	صفر	٨	صفر	٨		
ب	٥		٨		مستمر	صفر	٥	١٠	١٥	١٠	
ج	٤		٥		مستمر	صفر	٤	٧	١١	٧	
د	٩	أ	١٥	ص	مستمر	٨	١٧	٨	١٧		
هـ	٧	ب	٦	ص	متقطع	٥	١٢	١٥	٢٢	١٠	
و	٦	ج	٣		مستمر	٤	١٠	١٦	٢٢	١٢	٢
ل	١٤	ج	٤	س	مستمر	٤	١٨	١١	٢٥	٧	٧
ك	٨	د	٨		مستمر	١٧	٢٥	١٧	٢٥		
ن	٣	هـ ، و	٧		مستمر	١٢	١٥	٢٢	٢٥	١٠	١٠

لمشروع بسيط تم اختصاره ، كما يبين أيضاً حسابات الشبكة لهذا المشروع ويلاحظ أن هذا المشروع يحتاج إلى نوعين من المعدات ، وقد رمز للأول بالرمز (س) والثاني (ص) .

ويمكن استنتاج أن المسار الحرج هو أ ـ د ـ ك ومدة التنفيذ ٢٥ يوماً . وسيتم الآن توزيع الاحتياجات على أساس الوقت الأول والأخير للمشروع . وبعد ذلك على أساس الوقت الأول لبعض الأنشطة وتأخير بدء بقية الأنشطة .

يبين توزيع الاحتياجات على أساس الوقت الأخير للنشاط ، أن توزيع العمالة مازال غير منتظم ، وأنه يلزم أيضاً وحدتين من المعدات (ص) في يومين متتاليين . ولذا فإن الكلفة الكلية للمشروع ستكون كبيرة . كما تجدر الإشارة إلى أن توزيع الاحتياجات بهذه الطريقة يمثل خطورة في حالة تأخير بدء أي نشاط لأن ذلك سيؤثر مباشرة على وقت تسليم المشروع . ويفضل تبعاً لما سبق البدء في إعادة توزيع الاحتياجات على أساس الوقت الأول للنشاط مع استخدام المرونة الوقتية في تأخير بدء بعض الأنشطة .

ويبين شكل (٧ - ٣) التوزيع المبدئي للاحتياجات وقد تم كما يلي :

(يبين شكل (٧ - ١) ، (٧ - ٢) توزيع الاحتياجات على أساس الوقت الأول ، والوقت الأخير على التوالي) .

الخطوة الأولى

تهدف هذه الخطوة إلى استخدام معدة واحدة من النوع (س) ، حيث يحتاج لها النشاطان (أ ، ل) وحيث أنه لا يمكن تأخير بدء النشاط (أ) ، لأنه حرج فلا توجد وسيلة أخرى غير تأخير بدء النشاط (ل) . فالنشاط (ل) له مرونة وقتية حرة مقدارها سبعة أيام ، ويمكن بناءاً عليه تأخير بدئه أي عدد من الأيام حتى سبعة أيام دون أن يؤثر ذلك على بدء أي نشاط تالي له .

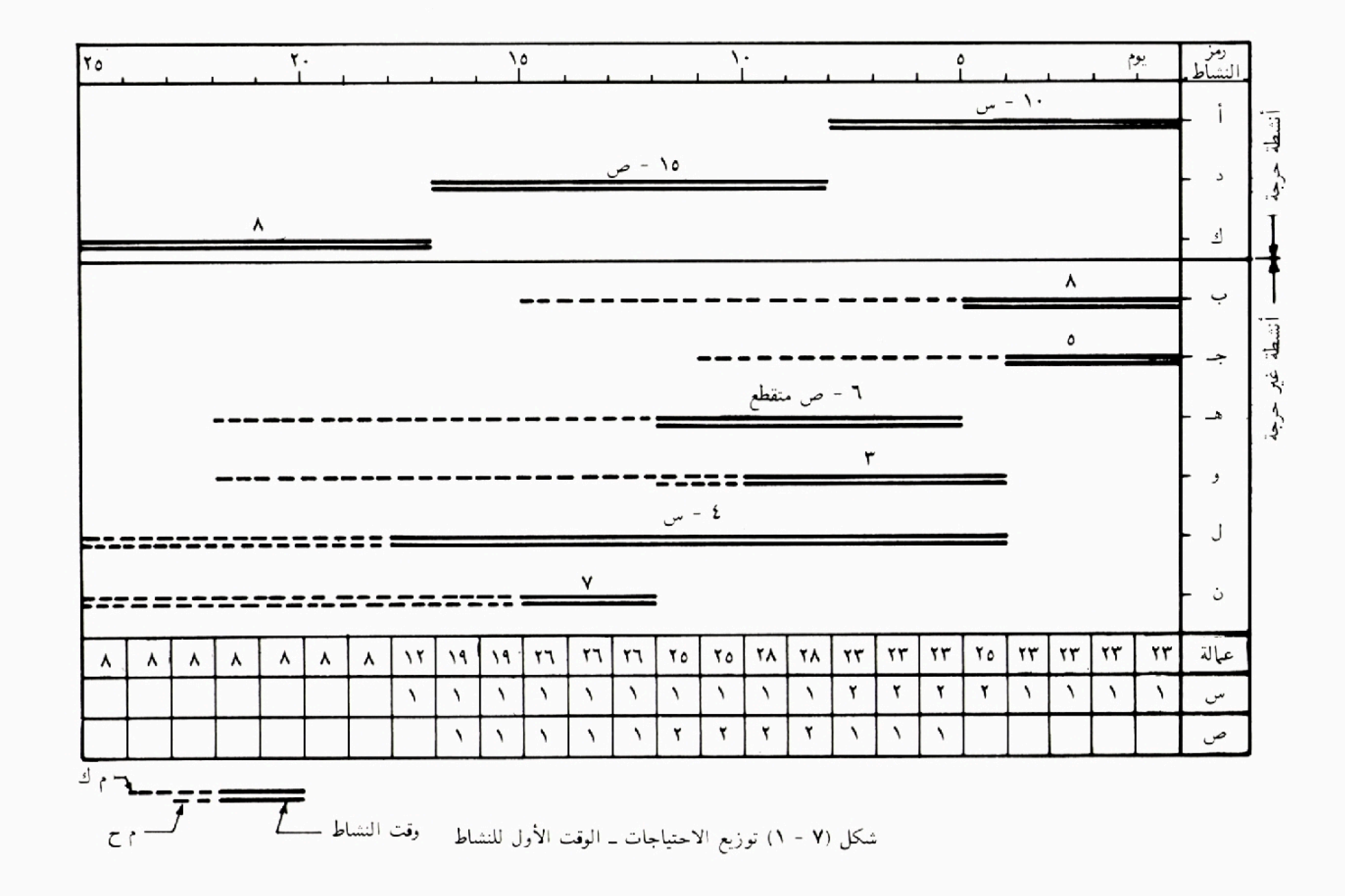
يتأخر بدء النشاط (ل) أربعة أيام وعلى ذلك يصبح الاحتياج للمعدة (س) منتظماً ويلزم توفير معدة واحدة فقط من هذا النوع .

الخطوة الثانية

تهدف هذه الخطوة أيضاً إلى تقليص عدد المعدات من النوع (ص) إلى معدة واحدة ، حيث يحتاج النشاطان (د ، هـ) لها . ويعتبر النشاط (د) حرج ولا يجوز تأخيره ، أما النشاط (هـ) فهو متقطع ، أي يمكن تجزئته . وحيث أن النشاط (هـ) ليس له مرونة وقتية حرة فإن استغلال المرونة الوقتية الكلية (جزء منها أو كلها) سيؤثر على بدء الأنشطة التالية له .

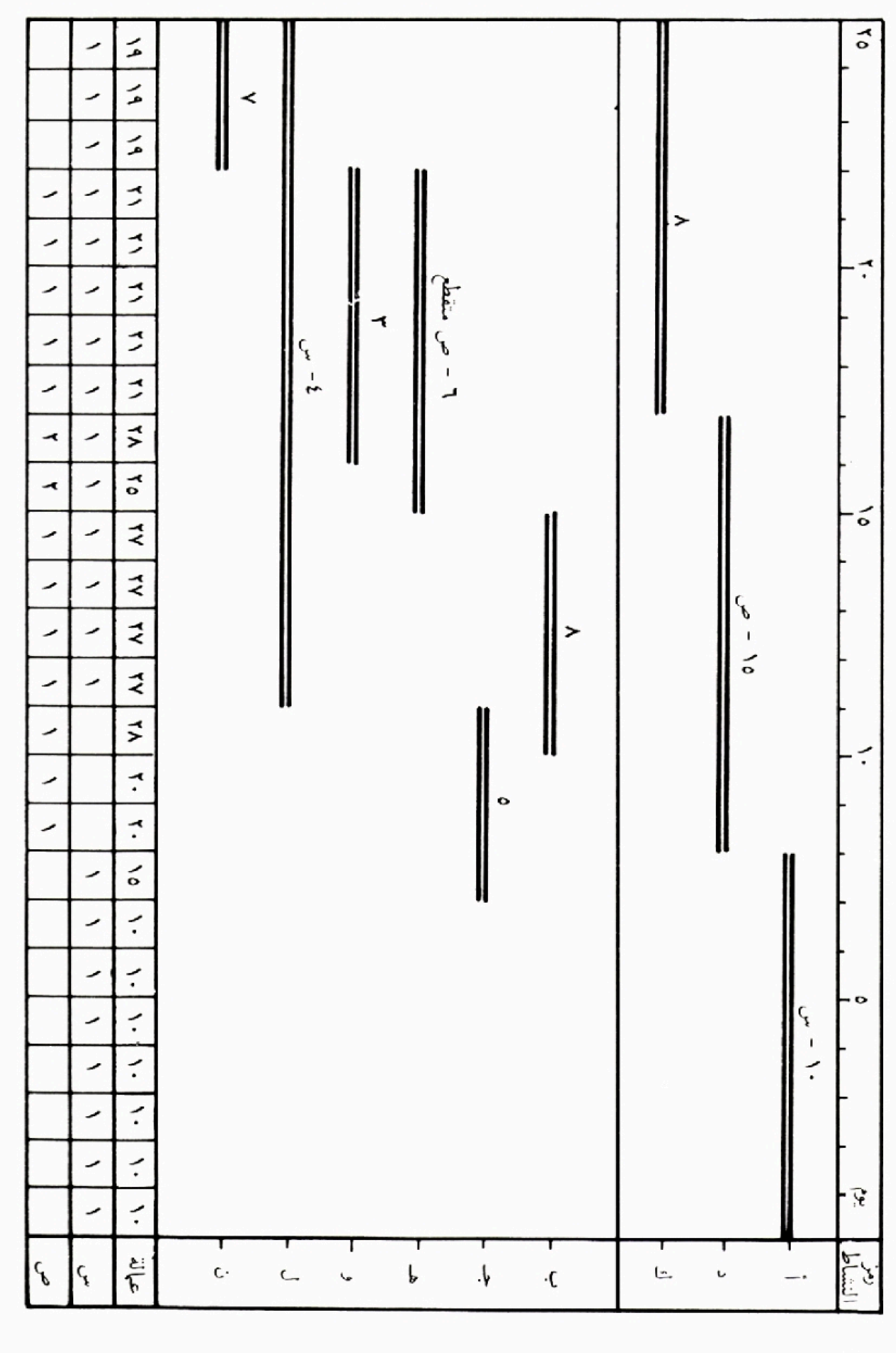
ويمكن تقسيم السبعة أيام اللازمة لإنجاز النشاط (هـ) إلى جزئين :

الأول ثلاثة أيام وتتم في الوقت الأول للنشاط ، وتتم بقية النشاط بعد الانتهاء من النشاط الحرج (د) . لذلك يتأخر بدء النشاط (ن) أربعة أيام حيث أنه يعتمد على النشاطين (هـ ، و) .



عمالة	٢٣	٢٣	٢٣	٢٣	٢٥	٢٣	٢٣	٢٣	٢٨	٢٨	٢٥	٢٥	٢٦	٢٦	٢٦	١٩	١٩	١٢	٨	٨	٨	٨	٨	٨	٨
س	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١							
ص						١	١	١	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١								

شكل (٧ - ١) توزيع الاحتياجات ـ الوقت الأول للنشاط



شكل (٧ - ٢) توزيع الاحتياجات - الوقت الأخير للنشاط

الخطوات التالية

تهدف هذه الخطوات إلى تأخير بدء بعض الأنشطة بحيث يكون التباين في توزيع العمالة صغيراً (ويقصد بالتباين الفرق بين الحد الأقصى والأدنى لعدد العمال اليومي) . ويلاحظ أن الحد الأقصى هو ٢٣ عاملاً والحد الأدنى ثمانية عمال .

اليوم	الخطوة (١): عمالة	الخطوة (١): ع	الخطوة (١): ص	الخطوة (٢): عمالة	الخطوة (٢): ع	الخطوة (٢): ص
١	٢٣	١		٢٣	١	
٢	٢٣	١		٢٣	١	
٣	٢٣	١		٢٣	١	
٤	٢٣	١		٢٣	١	
٥	٢١	١		٢١	١	
٦	١٩	١	١	١٩	١	١
٧	١٩	١	١	١٩	١	١
٨	١٩	١	١	١٩	١	١
٩	٢٨	١	٣	٢٢	١	١
١٠	٢٨	١	٣	٢٢	١	١
١١	٢٥	١	٣	١٩	١	١
١٢	٢٥	١	٣	١٩	١	١
١٣	٢٦	١	١	١٩	١	١
١٤	٢٦	١	١	١٩	١	١
١٥	٢٦	١	١	١٩	١	١
١٦	١٩	١	١	١٩	١	١
١٧	١٩	١	١	١٩	١	١
١٨	١٢	١		١٨	١	١
١٩	١٢	١		١٨	١	١
٢٠	١٢	١		١٨	١	١
٢١	١٢	١		١٨	١	١
٢٢	١٢	١		١٩	١	
٢٣	٨			١٥		
٢٤	٨			١٥		
٢٥	٨			٨		

شكل (٧ - ٣) التوزيع المبدئي للاحتياجات

ويتم تقليل الفرق بين هذين الحدين كالتالي :

١ - يتأخر بدء النشاطان (هـ ، ن) يوماً واحداً . ويستغل اليوم الباقي في استغلال المعدة (ص) لأعمال الصيانة .

٢ - يتأخر بدء النشاط (ح) خمسة أيام .

٣ - يتأثر وفقاً لهذان النشاطان (و ، ل) ويمكن تأخير انتهاء النشاط (و) حتى اليوم الثاني والعشرين ، وهو آخر موعد لبدء النشاط (ن) ، وعلى هذا يبدأ النشاط (و) في اليوم السادس عشر . ويتأخر أيضاً بدء النشاط (ل) يوماً واحداً ، ويستغل هذا اليوم في صيانة المعدة (س) .

يوم	عمالة	س	ص
١	١٨	١	
٢	١٨	١	
٣	١٨	١	
٤	١٨	١	
٥	١٨	١	
٦	٢١	١	١
٧	٢١	١	١
٨	٢١	١	١
٩	٣٠	١	١
١٠	١٩	١	١
١١	١٩	١	١
١٢	١٩	١	١
١٣	١٩	١	١
١٤	١٩	١	١
١٥	١٩	١	١
١٦	١٩	١	١
١٧	٢٢	١	١
١٨	١٥	١	١
١٩	٢١	١	١
٢٠	٢١	١	١
٢١	٢١	١	١
٢٢	٢١	١	١
٢٣	١٩	١	
٢٤	١٥		
٢٥	١٥		

شكل (٧ - ٤) التوزيع المقترح للاحتياجات

ويبين شكل (٧ - ٤) التوزيع المقترح للاحتياجات ، ويلاحظ أن الفرق بين الحدين الأقصى والأدنى لعدد العمال لكل يوم أصبح سبعة . وتسمى الطريقة السابقة لتوزيع الاحتياجات بطريقة المحاولة والخطأ ، وتعتمد أساساً على عدد من المحاولات ، يختار الأفضل منها . ويلاحظ كذلك أن نوع المشروع والعلاقات بين الأنشطة وأوقات النشاط تؤثر تأثيراً مباشراً في تحديد عدد المحاولات .

٧ - ٢ التوزيع المنتظم للاحتياجات الثابتة

تهدف هذه الطريقة إلى توزيع الاحتياجات والمحدد سلفاً إلى حدها الأقصى والممكنة من قِبل المقاول المسئول مع الاحتفاظ بقدر المستطاع بالوقت الكلي للمشروع . وسيتم شرح هذه الطريقة بتطبيقها على المشروع السابق شرحه في الفقرة السابقة .

تهدف إدارة المشروع إلى توزيع الاحتياجات ، مع العلم بأن الحد الأقصى لعدد العمال اليومي هو عشرون ، ولا يجوز استخدام أكثر من معدة واحدة من كل نوع ويمكن الاستعانة بالشكل (٧ - ٣) على أساس أن الخطوتين الأولى والثانية في الطريقة السابقة تتكرران في هذه الحالة ، أما الخطوة الثالثة ـ لتقليل عدد العمال اليومي إلى حوالي عشرين ، نجد أن تأخير بدء النشاط (ح) خمسة أيام يصبح ضروريا ، كما يلزم أيضاً تأخير بدء النشاطان (و ، ل) خمسة أيام . والخطوة الرابعة ـ تأخير بدء النشاط (ح) عدد من الأيام يساوي الحد الأقصى لسلسلة الأنشطة المرتبطة به وهي (و ، ل ، ن) على النحو التالي :

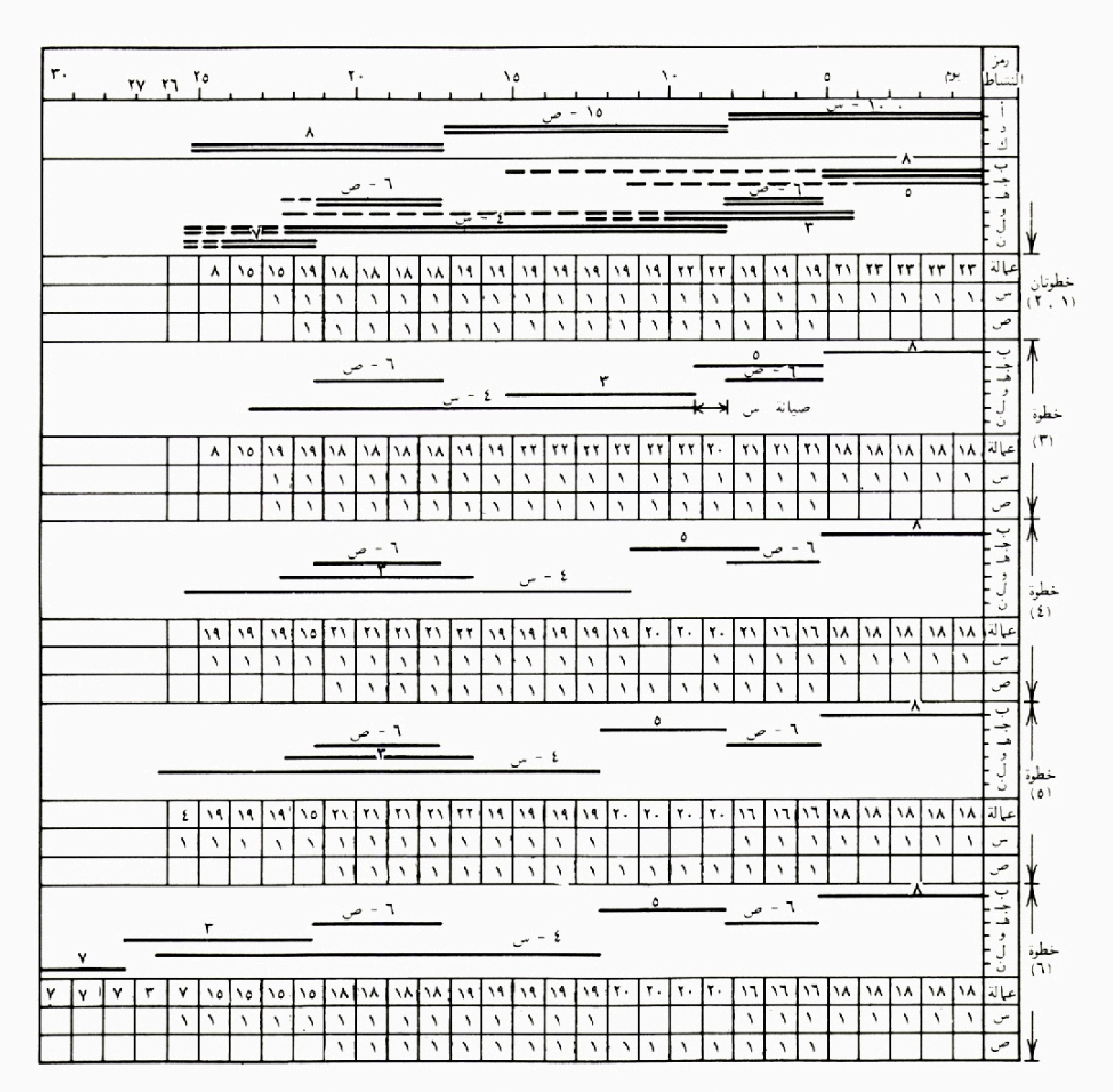
تأخير بدء النشاط (ن) يوما واحداً ، (ل) يوما واحداً ، (و) سبعة أيام . وعلى هذا يتأخر النشاط (ح) يومان . الخطوة الخامسة ـ تأخير بدء النشاط (ح) يوماً واحداً ، ويتأخر أيضاً النشاط (ل) يوماً واحداً فقط . والخطوة السادسة ـ يبين شكل (٧ - ٥) أن الاحتياج للعمال أصبح متحققاً حتى نهاية اليوم السادس عشر .

ولذا يتأخر بدء التشاط (و) خمسة أيام ويتأخر بدء النشاط (ن) نفس عدد الأيام . ويتضح مما سبق أن التوزيع المنتظم وفقاً للاحتياجات المحددة قد تم في خلال ٣٠ يوما ، أي بتأخير خمسة أيام في تسليم المشروع . ويمكن إعادة النظر في التوزيع المنتظم للاحتياجات بحيث تكون متوازنة أي أن التباين صغير وذلك بالرغم من أننا حققنا توصية المقاول .

فيمكن على سبيل المثال في هذه الحالة تأخير بدء النشاط (ل) أربعة أيام أو تأخير بدء النشاط (ك) حتى خمسة أيام ، حيث أنه أصبح غير حرج وهناك غيره من البدائل .

مثال (١)

يُراد جدولة المشروع التالي بعد التوزيع المنتظم للاحتياجات بحيث لا يتعدى الحد الأقصى اليومي عشر وحدات .



شكل (٧ - ٥) التوزيع المنتظم للاحتياجات الثابتة

النشاط	وقت النشاط	يعتمد على	الحد اليومي للاحتياجات
أ	٢	—	—
ب	٣	أ	٣
ج	٤	أ	٤
د	٥	أ	٥
هـ	٦	ح ، د	٦
و	٣	د	٣
ل	٣	هـ ، و ، م	١
م	٤	ب ، ج	—

جدول (٧ - ٢) حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية للمشـــروع

النشاط	وقت النشاط	يعتمد على	المعدل اليومي للاحتياجات	الوقت الأول		الوقت الأخير		المرونة الوقتية الكلية	المرونة الوقتية الحرة	ملاحظات
				و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن			
أ	٢	—	—	صفر	٢	صفر	٢			نشاط حرج
ب	٣	أ	٣	٢	٥	٦	٩	٤	١	
ج	٤	أ	٤	٢	٦	٣	٧	١	—	
د	٥	أ	٥	٢	٧	٢	٧			نشاط حرج
هـ	٦	ح ، د	٦	٧	١٣	٧	١٣			نشاط حرج
و	٣	د	٣	٧	١٠	١٠	١٣	٣	٣	
ل	٣	هـ ، و ، م	١	١٣	١٦	١٣	١٦	١		نشاط حرج
م	٤	ب ، ح	—	٦	١٠	٩	١٣	٣	٣	

ستستخدم هنا طريقة البديهة للحل ، وتتلخص هذه الطريقة في التالي :

١ - عين الاحتياجات اليومية بالتوالي ، أي البدء بجدولة كل الأنشطة الممكنة في اليوم الأول ثم اليوم الثاني ... الخ

٢ - عندما تحتاج مجموعة من الأنشطة إلى نفس الاحتياجات ، عيّـن أولاً الأنشطـة ذات المرونة الوقتية الأقل .

٣ - حاول تأخير جدولة الأنشطة غير الحرجة حتى يكون هناك مجال لتعيين الأنشطة الحرجة في مواقيتها .

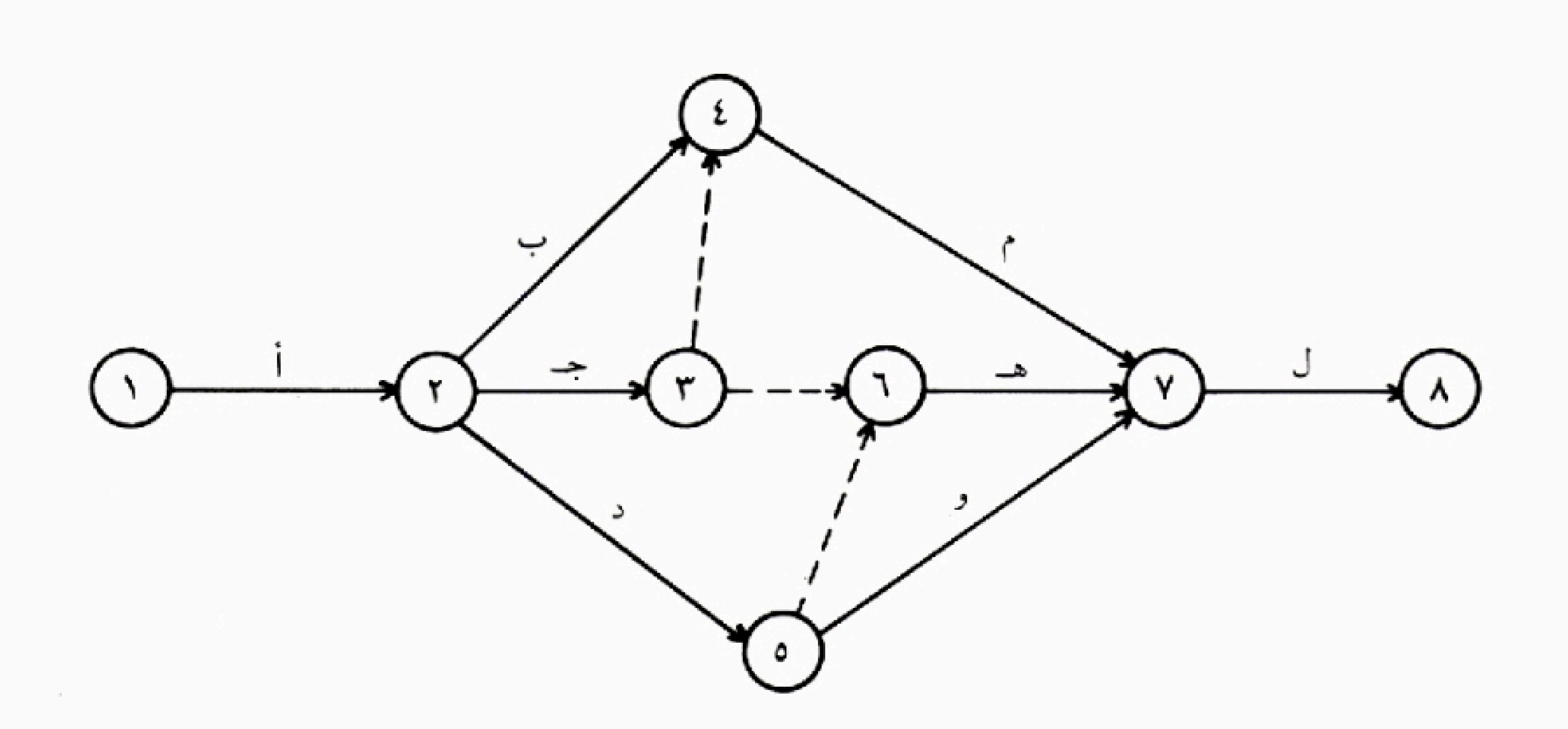
الحـــل

يبين جدول (٧ - ٢) حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية الكلية والحرة لأنشطـة المشروع . ويوضح شكل (٧ - ٦) الشبكة السهمية له . ويوضـح شكل (٧ - ٧) جدولـة المشروع والاحتياجات اليومية طوال الستة عشر يوماً مع العلم بأن كل الأنشطة مستمرة ، وأنه لا توجد احتياجات يومية في اليومين الأولين .

اليوم الثالث

يمكن البدء في ثلاثة أنشطة في نفس الوقت وهي : (ب ، ح ، د)

يجدول النشاط (د) ، (ليس له مرونة وقتية) ، وتبقى خمس وحدات من الاحتياجات .



شكل (٧ - ٦) الشبكة السهمية للمشروع

أ
د
هـ
ل
ب
جـ
و
م

٥ ٦ ١ ٣ ٤ ٣

م ك ـــــ
م ح ++++

اليوم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
الاحتياجات	—	—	١٢	١٢	١٢	٩	٥	٩	٩	٩	٦	٦	٦	١	١	١

شكل (٧ - ٧) جدولة المشروع

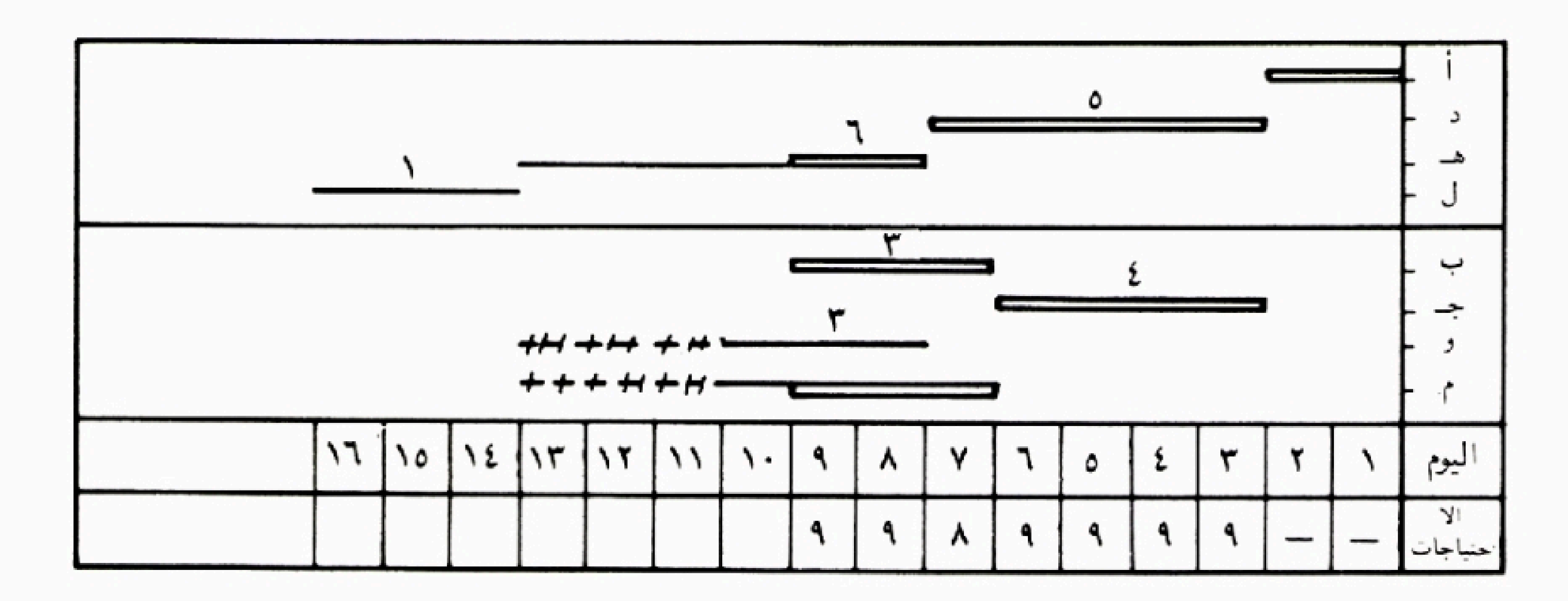
أ
د
هـ
ل
ب
جـ
و
م

٥ ٦ ١ ٣ ٤ ٣

الأعمال التي تمت

اليوم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
الاحتياجات	—	—	٩	٩	٩	٩										

شكل (٧ - ٨) جدول المشروع بعد انتهاء اليوم السادس



شكل (٧ - ٩) جدولة المشروع ـ نهاية اليوم التاسع

يجدول النشاط (ح) ، (م ك = ١) ، وتبقى وحدة واحدة من الاحتياجات ، ويجب تأخير بدء النشاط (ب) (م ك = ٤)

اليوم الرابع

مازال العمل مستمراً في الأنشطة (ح ، د) ولايمكن إيقافه . (م ك للنشاط (ب) = ٣) .

اليوم الخامس

مثل اليوم الرابع ، (م ك للنشاط (ب) = ٢)

اليوم السادس

مثل اليوم الخامس وبانتهائه ينتهي العمل في النشاط (ح) ، (م ك للنشاط = ١) . ويبين شكل (٧ - ٨) الجدولة بعد انتهاء اليوم السادس .

اليوم السابع

يمكن البدء في الأنشطة (ب ، م) ويستمر العمل في النشاط (د) ويكون توزيع الاحتياجات كالتالي :

تستمر جدولة النشاط (د) ، (ليس له مرونة وقتية) ، وتبقى خمس وحدات من الاحتياجات .
يجدول النشاط (م) ، (لا يلزم أي احتياجات) ، وتبقى خمس وحدات من الاحتياجات .
يجدول النشاط (ب) ، (م ك = ١) ، وتبقى وحدتين من الاحتياجات .

اليوم الثامن

يمكن البدء في نشاطين جديدين ، هما (هـ ، و) ، بالاضافة إلى استمرار العمل في النشاطين (ب ، م) ، ويتم تعيين الاحتياجات وفقاً للتالي :

تستمر جدولة النشاط (ب)　　　وتبقى سبع وحدات
تستمر جدولة النشاط (م)　　　وتبقى سبع وحدات
يجدول النشاط (هـ) ، ليس له مرونة وقتية وتبقى وحدة واحدة)
يؤجل بدء النشاط (و) ، (م ك = ٣) .

اليوم التاسع

مثل اليوم الثامن

ويبين شكل (٧ - ٩) جدولة المشروع بعد نهاية اليوم التاسع .

اليوم العاشر

تستمر جدولة النشاط (هـ)　　　وتبقى أربع وحدات
تستمر جدولة النشاط (م)　　　وتبقى أربع وحدات
يجدول النشاط (م)　　　(م ك = ١) وتبقى وحدة واحدة

اليوم الحادي عشر

مثل اليوم العاشر .

اليوم الثاني عشر

مثل اليوم الحادي عشر .

ويستمر العمل حتى اليوم السادس عشر . ويبين شكل (٧ - ١٠) الجدولة النهائية للمشروع .

اليوم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
الاحتياجات	—	—	٩	٩	٩	٩	٨	٩	٩	٩	٩	٩	٦	١	١	١

شكل (٧ - ١٠) جدولة المشروع المقترحة

مثال (٢)

يراد توزيع الاحتياجات للمشروع التالي بحيث لا تتعدى ثماني وحدات ، مع العلم بأن كل أنشطة المشروع مستمرة .

النشاط	وقت النشاط	يعتمد على	المعدل اليومي للاحتياجات
أ	٢	—	٣
ب	١١	—	٦
ج	٣	أ ، ب	٥
د	٦	أ	٤
هـ	٤	ب	٣
و	٥	ج ، د	٤
ل	٣	ج ، هـ	٥
م	٤	و ، ل	٦
ن	٦	و ، ل	٣
ك	٧	م	١
ي	٤	ن	—

جدول (٧ - ٣) حسابات الشبكة السهمية للمشروع

النشاط	وقت النشاط	يعتمد على	و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	م ك	م ح	ملاحظات
أ	٢	—	صفر	٢	٦	٨	٦	—	
ب	١١	—	صفر	١١	صفر	١١			نشاط حرج
ح	٣	أ ، ب	١١	١٤	١١	١٤			نشاط حرج
د	٦	أ	٢	٨	٨	١٤	٦	٦	
هـ	٤	ب	١١	١٥	١٢	١٦	١	—	
و	٥	ح ، د	١٤	١٩	١٤	١٩			نشاط حرج
ل	٣	ح ، هـ	١٥	١٨	١٦	١٩	١	١	
م	٤	و ، ل	١٩	٢٣	١٩	٢٣			نشاط حرج
ن	٦	و ، ل	١٩	٢٥	٢٠	٢٦	١	—	
ك	٧	م	٢٣	٣٠	٢٣	٣٠			نشاط حرج
ي	٤	ن	٢٥	٢٩	٢٦	٣٠	١	—	

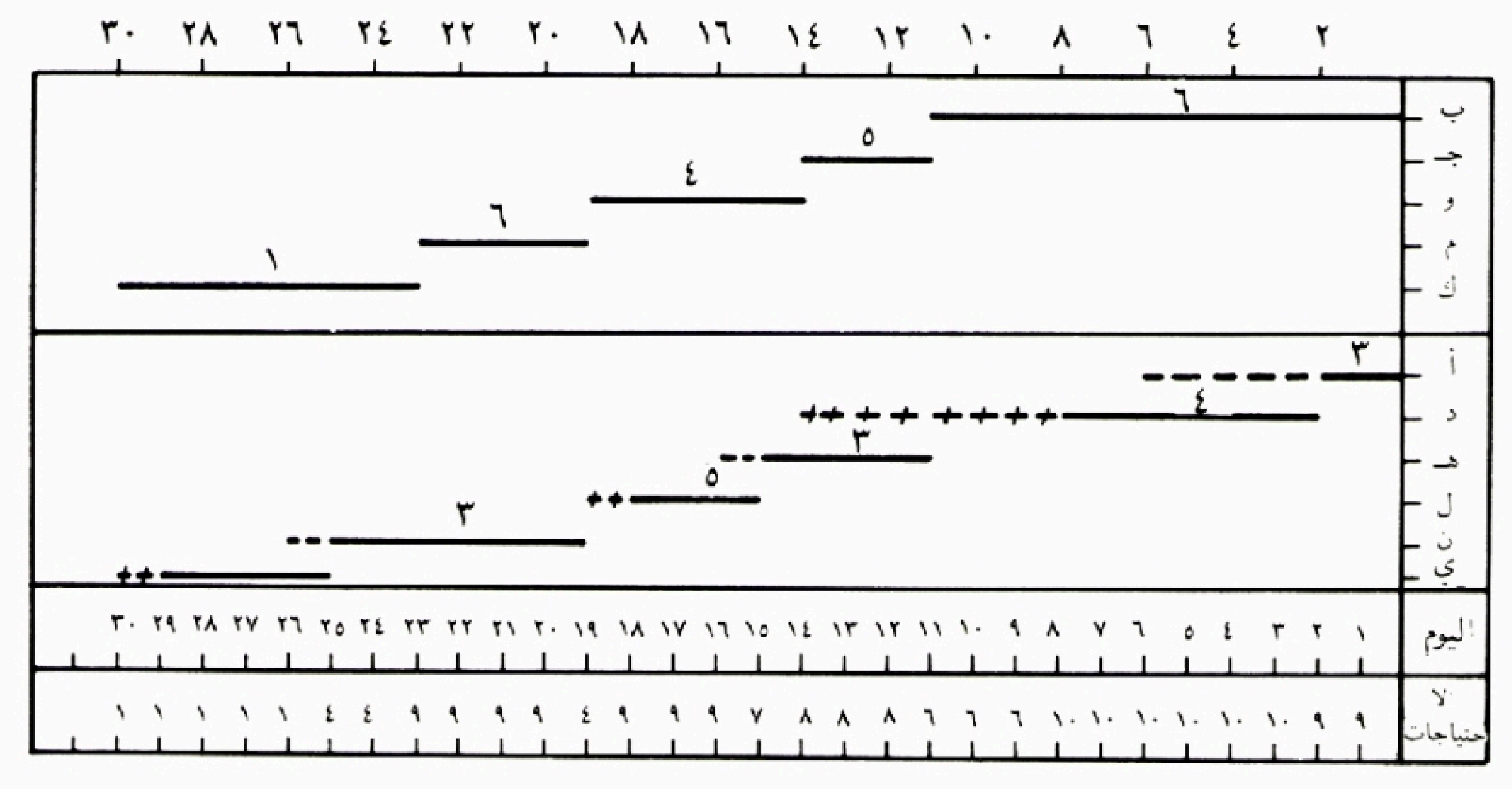
يبين جدول (٧ - ٣) حسابات الأوقات الأربعة للنشاط والمرونة الوقتية له ، كما يلاحظ أن مدة تنفيذ المشروع هي ثلاثون يوماً .

يبين شكل (٧ - ١١) توزيع الاحتياجات المبدئي في خلال ثلاثين يوماً مع ملاحظة أن الاحتياجات غير محدودة . وهنا قسمت الأنشطة إلى حرج وغير حرج .

يبدأ العمل كما سبق وذلك بتوزيع الاحتياجات يوماً بعد يوم .

اليوم الأول

يمكن جدولة الأنشطة (ب ، أ ، د) .



شكل (٧ - ١١) التوزيع المبدئي للاحتياجات

يختار النشاط (ب) لأنه حرج ، ويستمر العمل حتى الانتهاء منه أي حتى نهاية اليوم الحادي عشر .

اليوم الثاني عشر

توضع الأنشطة التالية تحت الدراسة لجدولتها :

النشاط (أ)	متأخر البدء فيه
النشاط (د)	متأخر البدء فيه
النشاط (ح)	يجوز البدء فيه
النشاط (هـ)	يجوز البدء فيه

لا يمكن البدء بالنشاط الحرج (ح) ولم يتم جدولته لكونه يعتمد على النشاط (أ) . أما النشاط (ب) فقد تمت جدولته . وكذلك الحال بالنسبة للنشاط (د) وعلى هذا يتم التالي :

جدولة النشاط (أ)	وتبقى خمس وحدات
جدولة النشاط (هـ)	وتبقى وحدتين

ويستمر العمل حتى نهاية اليوم الثالث عشر .

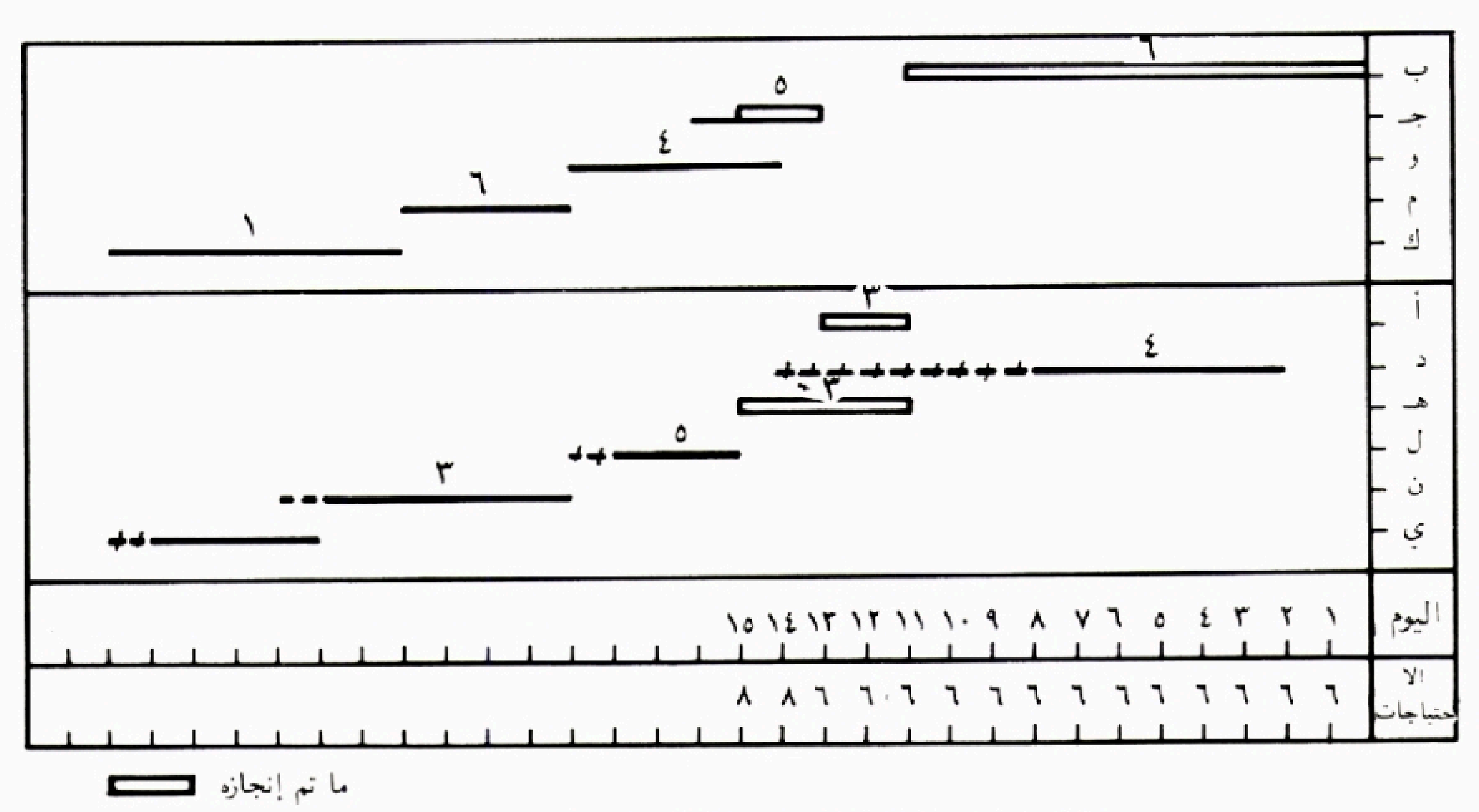
اليوم الرابع عشر

يمكن جدولة الأنشطة (ح) ، (و) ، (د) ، مع استمرار العمل في النشاط (هـ) .

جدولة النشاط (هـ) وتبقى خمس وحدات

جدولة النشاط (ح) لا يوجد باقي

ويؤجل بدء النشاطين (د) ، (و) ويبين شكل (٧ - ١٢) الجدولة حتى نهاية اليوم الخامس عشر .



شكل (٧ - ١٢) الجدولة حتى نهاية اليوم الخامس عشر

اليوم السادس عشر

يمكن جدولة الأنشطة (د) ، (و) ، (ل) ، مع استمرار العمل في النشاط (ح) وتستمر جدولة النشاط (ح) ، وتبقى ثلاث وحدات .

ويؤجل الباقي لعدم وجود إمكانيات متبقية .

اليوم السابع عشر

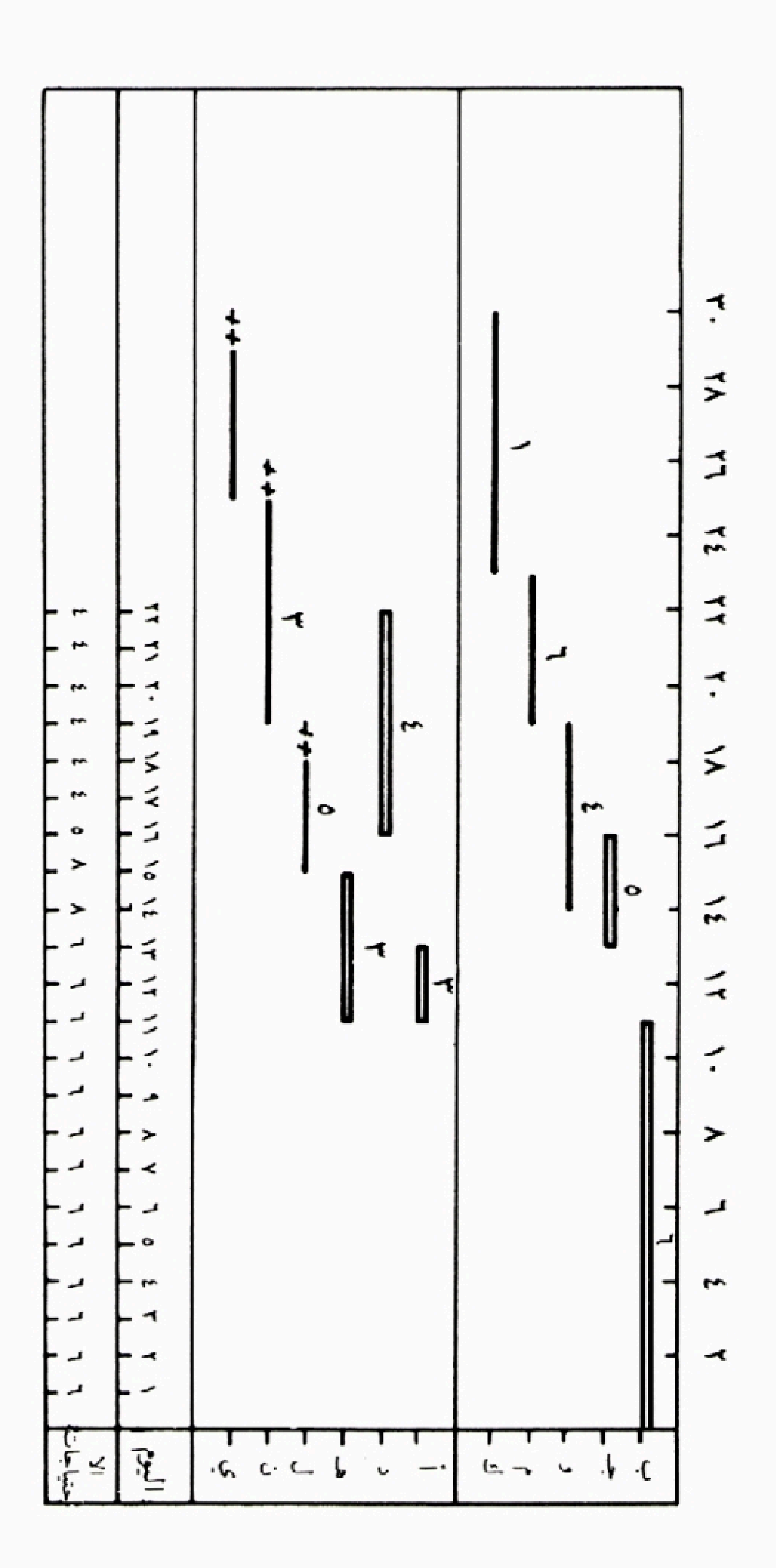
يمكن جدولة الأنشطة (د) ، (و) ، (ل) ولكن وفقاً للاعتمادية يمكن جدولة النشاط (د) فقط . ويستمر العمل كذلك حتى نهاية اليوم الثاني والعشرين. ويبين شكل (٧ - ١٣) الجدولة حتى نهاية اليوم الثاني والعشرين .

اليوم الثالث والعشرون

يمكن البدء الآن في الأنشطة (و) ، (ل) ، (م) ، (ن) . وتعادل المرونة الكلية للنشاط (ن) يوماً واحداً ، أما بقية الأنشطة فقد تأخر بدئها .

جدولة النشاط (و) وتبقى أربع وحدات .

ويمكن جدولة أي نشاط آخر . ويستمر العمل حتى نهاية اليوم السابع والعشرين .



شكل (٧ - ١٣) الجدولة حتى نهاية اليوم الثاني والعشرين

اليوم الثامن والعشرون

يمكن البدء في بقية الأنشطة بشرط التحقق من الإعتمادية .

جدولة النشاط (ل)   وتبقى ثلاث وحدات .

ويستمر العمل حتى نهاية اليوم الثلاثين .

اليوم الواحد والثلاثون

جدولة النشاط (م) ، ويستمر العمل حتى نهاية اليوم الرابع والثلاثين .

اليوم الخامس والثلاثون

جدولة النشاطين (ك) ، (ن) وينتهي العمل في النشاط (ن) مع نهاية اليوم الأربعين .

أما النشاط (ك) فينتهي مع اليوم الواحد والأربعين .

اليوم الواحد والأربعون

يجدول النشاط (ي) ، وينتهي العمل مع اليوم الرابع والأربعين .

ويبين شكل (٧ - ١٤) الجدولة النهائية للمشروع .

ملاحظة عامة عن اختيار الحد الأقصى للاحتياجات

١ - المجموع الكلي للاحتياجات = **٢٠٧**

٢ - المتوسط اليومي يحسب على أساس أن الإنجاز في الوقت الأول للنشاط يعادل **٦,٩** .

٣ - يحسب المتوسط اليومي على أساس أن الإنجاز في أربعة وأربعين يوماً يعادل **٤,٧** .

٤ - يقترح مدير المشروع على الإدارة زيادة الحد الأقصى بمقدار وحدة واحدة ، لكي تكون الزيادة المتوقعة في مدة تنفيذ المشروع بسيطة ، وليست كما هو الحال (١٤) يوماً . وتمثل هذه الزيادة حوالي **٤٧٪** من الوقت الأول ، مما يكون له الأثر السيء على مستوى أداء الشركة .

ويقترح أن يكون الحد الأقصى للامكانات تسع وحدات يومياً . ويعاد توزيع الاحتياجات وفقاً لذلك .

اليوم الأول

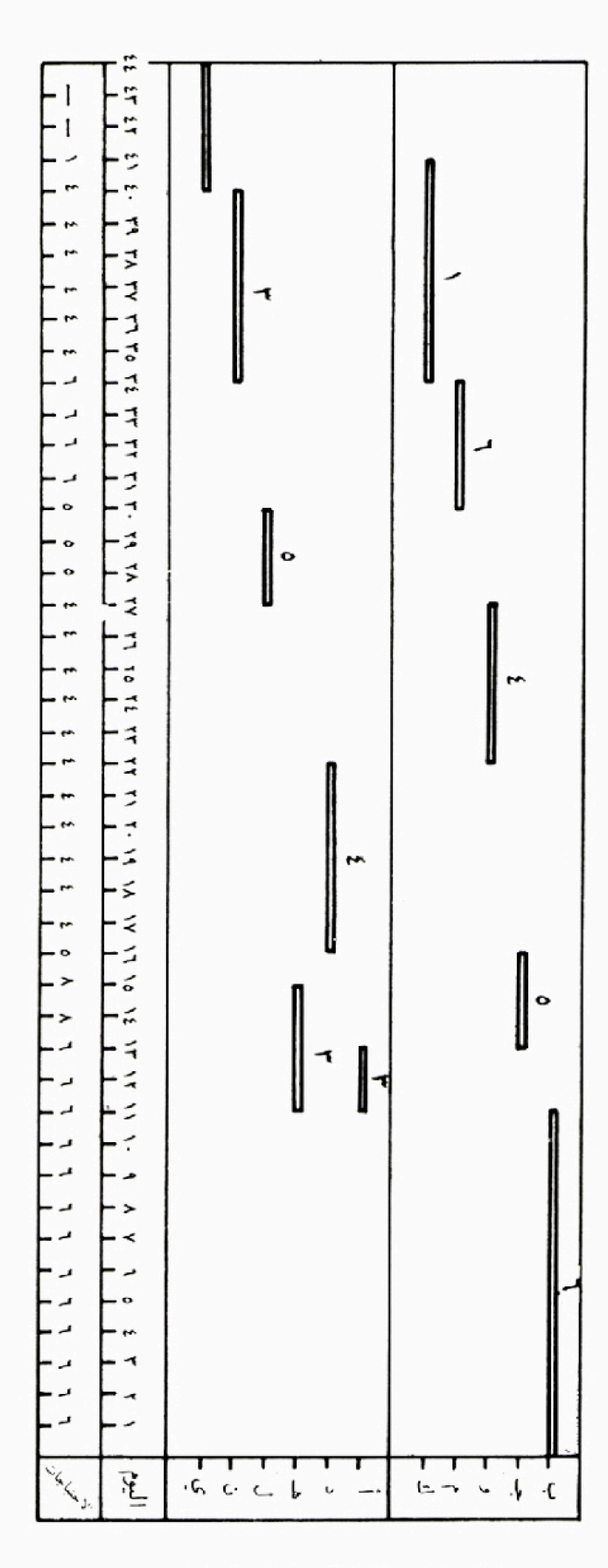
يجدول النشاطان (ب) ، (أ).

اليوم الثالث

يستمر العمل في النشاط (ب) حتى نهاية اليوم الحادي عشر ، ولا يمكن جدولة النشاط (د) لأن ذلك يتعدى الحد الأقصى للإمكانات .

اليوم الثاني عشر

يمكن جدولة الأنشطة (ح)، (د)، (هـ). ويجدول النشاطان (ح)، (د).



شكل (٧ - ١٤) الجدولة النهائية للمشروع

اليوم الخامس عشر

يستمر العمل في النشاط (د) وتبقى خمس وحدات .

ويمكن البدء في الأنشطة (هـ) ، (و) . ويختار النشاط (هـ) فقط .

اليوم الثامن عشر

يستمر العمل في النشاط (هـ) يوماً واحداً ، وتبقى ست وحدات .

ويمكن البدء في الأنشطة (و) ، (ل) . ويختار النشاط (و) فقط .

اليوم التاسع عشر

يستمر العمل في النشاط (و) حتى نهاية اليوم الثاني والعشرين ، وتبقى خمس وحدات . وتبدأ جدولة النشاط (ل) ، ولا يوجد باقي .

اليوم الثاني والعشرون

يستمر العمل في النشاط (و) يوما أخيراً ، وتبقى خمس وحدات . ويمكن جدولة النشاطين (م) ، (ن) . ولا يمكن جدولتهما لاعتمادهما على النشاط (و) الذي لم ينته بعد .

اليوم الثالث والعشرون

يمكن جدولة النشاطين (م) ، (ن) في نفس الوقت .

اليوم السابع والعشرون

يجدول النشاط (ك) فقط ، ويُنهى العمل فيه مع نهاية اليوم الثالث والثلاثين .

اليوم التاسع والعشرون

يجدول النشاط (ي) وينتهي مع نهاية اليوم الثاني والثلاثين .

يتضح مما سبق الوفر الذي تم نتيجة لزيادة وحدات الإمكانيات من ثمانية إلى تسعة (الوقت الكلي لإنجاز المشروع في حالة تسع وحدات ثلاثة وثلاثون يوماً أي بزيادة مقدارها ١٠٪ بدلاً من ٤٧٪ في حالة ثماني وحدات) . ويبين شكل (٧ - ١٥) التوزيع المقترح للإمكانيات .

اليوم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧
الاحتياجات	٩	٩	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٩	٩	٩	٧	٧	٧

اليوم	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٣
الاحتياجات	٧	٩	٩	٩	٤	٩	٩	٩	٩	٤	٤	١	١	١	١	١

شكل (٧ - ١٥) التوزيع المقترح للاحتياجات

مثال (٣)

يراد وضع خطة للتوزيع المنتظم للاحتياجات للمشروع المبين في جدول (٧ - ٤) بهدف تحديد الحد الأدنى لاستخدام المعدات .

جدول (٧ - ٤) بيانات المشروع

الحدث: البداية	الحدث: النهاية	الوقت (يوم)	نوع النشاط	العمالة	المعدات: أ	المعدات: ب	المعدات: ج
١	٢	٨	مستمر	٤	١	١	
١	٣	٧	مستمر	١٠			١
١	٥	١٢	متقطع	٥		١	
٢	٣	٤	مستمر	٦			
٢	٤	١٠	متقطع	٧	١		
٣	٤	٣	مستمر	٥		١	
٣	٥	٥	متقطع	٨			
٣	٦	١٠	متقطع	٧		١	
٤	٦	٧	مستمر	١١		١	١
٥	٦	٤	مستمر	٣	١		

يبين جدول (٧ - ٥) حسابات الوقت الأول والأخير والمرونة الوقتية الكلية والحرة لأنشطة المشروع . كما يوضح شكل (٧ - ١٦) توزيع الاحتياجات على أساس الوقت الأول للمشروع .

جدول (٧ - ٥) حسابات المشروع

حدث		وقت النشاط	الوقت الأول		الوقت الأخير		م ك	م ح	ملاحظات
البداية	النهاية		و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن			
١	٢	٨	صفر	٨	صفر	٨			نشاط حرج
١	٣	٧	صفر	٧	٨	١٥	٨	٥	
١	٥	١٢	صفر	١٢	٩	٢١	٩	٥	
٢	٣	٤	٨	١٢	١١	١٥	٣	—	
٢	٤	١٠	٨	١٨	٨	١٨			نشاط حرج
٣	٤	٣	١٢	١٥	١٥	١٨	٣	٣	
٣	٥	٥	١٢	١٧	١٦	٢١	٤	—	
٣	٦	١٠	١٢	٢٢	١٥	٢٥	٣	٣	
٤	٦	٧	١٨	٢٥	١٨	٢٥			نشاط حرج
٥	٦	٤	١٧	٢١	٢١	٢٥	٤	٤	

يلاحظ من شكل (٧ - ١٦) التالي :

١ - الحد الأقصى للعمالة ٢٧ عاملا يومياً .

٢ - الحد الأدنى للعمالة ١١ عاملا يومياً .

٣ - معدل استخدام المعدة (أ) واحد تقريباً .

٤ - معدل استخدام المعدة (ب) وحدتان في أغلب الأيام .

٥ - معدل استخدام المعدة (ج) وحدة واحدة فقط .

من	إلى	النشاط
١	٢	٤ ـ أ ـ ب (مستمر)
٢	٤	٧ ـ أ (متقطع)
٤	٦	١١ ـ ب ـ جـ (مستمر)
١	٣	١٠ ـ جـ (مستمر)
١	٥	٥ ـ ب (متقطع)
٢	٣	٦ (مستمر)
٣	٤	ب ـ جـ (مستمر)
٣	٥	٨ (متقطع)
٣	٦	٧ ـ ب (متقطع)
٥	٦	٣ ـ أ (مستمر)

اليوم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥
العمالة	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	٩	١٨	١٨	١٨	١٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٢	٢٢	١٧	٢١	٢١	٢١	١٨	١١	١١	١١
معدة أ	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١				
معدة ب	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	٢	٢	٢	١	١	١	٢	٢	٢	٢	١	١	١
معدة جـ	١	١	١	١	١	١	١												١	١	١	١	١	١	١

م ك ــ ــ ــ ــ

م ح +-+-+-+

شكل (٧ - ١٦) توزيع الاحتياجات ـ الوقت الأول

وعلى هذا فإنه يجب تعديل استخدام المعدة (أ) لكي تصبح واحدة فقط مع إبقاء استخدام معدتين من النوع (ب) وإلا سيتأخر تسليم المشروع ، أما المعدة (ح) فلا تحتاج لأي تعديلات . ثم نبدأ بعد ذلك في المحافظة على هذا الاستخدام للمعدات مع إعادة توزيع العمالة على أساس المحافظة على وقت تسليم المشروع .

- يتم تأخير بدء النشاط (٥ -٦) يوماً واحداً ، ولا يؤثر ذلك التأخير على الوقت الكلي للمشروع حيث أن لهذا النشاط مرونة وقتية حرة تعادل أربعة أيام .
- يتم تأخير بدء النشاط (٣ - ٤) ثلاثة أيام .
- يتم جدولة ثلاثة أيام من النشاط (٣ - ٦) ، ثم يتوقف يومين ، ويتم إنجاز بقية النشاط ابتداء من اليوم الثامن عشر .
- يتم تأخير بدء النشاط (٥ - ٦) ثلاثة أيام .

ويبين شكل (٧ - ١٧) التوزيع المنتظم للاحتياجات مع عدم تغيير الوقت الكلي للمشروع ، حيث انخفض الحد الأقصى للاحتياج اليومي من **٢٧** عاملا إلى **٢٢** عاملا ، مع الاحتفاظ بنفس المعدات (أ ، ج) لا يتجاوز معدة واحدة في نفس الوقت ، (ب معدتين) .

من	إلى	النشاط
١	٢	٤ ـ أ ـ ب (مستمر)
٢	٤	٧ ـ أ (متقطع)
٤	٦	١١ ـ ب ـ جـ (مستمر)
١	٣	١٠ ـ جـ (مستمر)
١	٥	٥ ـ ب (متقطع)
٢	٣	٦ (مستمر)
٣	٤	٥ ـ ب (مستمر)
٣	٥	٨ (متقطع)
٣	٦	٧ ـ ب (متقطع)
٥	٦	٣ ـ أ (مستمر)

اليوم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥
العمالة	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩	٩	١٨	١٨	١٨	١٨	٢٢	٢٢	٢٢	٢٠	٢٠	١٩	١٨	١٨	١٨	٢١	٢١	٢١	١٤
معدة أ	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١				١	١	١	١
معدة ب	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١
معدة جـ	١	١	١	١	١	١	١												١	١	١	١	١	١	١

شكل (٧ - ١٧) التوزيع المنتظم للاحتياجات

تمــارين

٧ - ١ يُبين التالي البيانات الخاصة عن مشروع صغير . ويُراد توزيع الاحتياجات بحيث يستخدم معدة واحدة من النوع (أ) مع العلم بأن الأنشطة جميعها مستمرة .

النشـــاط		وقت النشاط (يـوم)	القوى العاملة (يومياً)	المعــدات	
مــن	إلـــى			أ	ب
١	٢	٦	٨	١	
١	٣	٣	٧		
١	٤	١٠	٧		
٢	٥	١٢	٦		
٣	٥	٤	٥	١	
٤	٦	١٠	٤		١
٥	٧	١٠	٦		١
٦	٧	٣	٣		

٧ -٢ يبـين التـالي البيانـات الخاصـة عن مشروع ما ويراد توزيع الاحتياجـات وذلك بالاستخدام المتوازن للقوى العاملة مع العلم بأنه لا توجد لدى المؤسسة إلا معـدة واحدة من النوع (أ) ويفضل استخدام وحدة واحدة من النوع (ب) ، وكذلك جميع الأنشطة مستمرة ما عدا الأنشطة (١ - ٤) ، (٣ - ٥) فهما متقطعان .

النشـــاط		وقت النشاط (يـوم)	معدل القوى العاملة يومياً	المعــدات	
مــن	إلـــى			أ	ب
١	٢	٦	٧	١	
١	٣	٣	٨		
١	٤	٧	٨	١	
٢	٣	٠	٠		
٢	٥	١٢	٦		١
٣	٤	٠	٠		
٣	٥	٣	٥	١	
٤	٦	٩	٤		١
٥	٧	١١	٦		١
٦	٧	٣	٣		

٧ - ٣ حل التمرين السابق على أساس أن الحد الأقصى للقوى العاملة المتوفرة يومياً لا يزيد عن ثمانية وبقية المعلومات كما هي في التمرين (٧ - ٢) .

٧ - ٤ أعد التوزيع المنتظم للاحتياجات للمشروع التالي بحيث لا يزيد الاحتياج اليومي عن ستة .

النشـــاط	يعتمد على	وقت النشاط (يـوم)	معدل الإحتياجات اليومي
أ	—	٥	٣
ب	—	٣	٣
ح	أ	٣	٥
د	أ	٥	٦
هـ	ب ، د	٢	٢
و	د	٣	٣

٧ - ٥ استخدم طريقة البديهة في التوزيع المنتظم للاحتياجات للمشروع التالي ، بحيث أن لا يزيد عدد العمال يومياً بالموقع عن خمسة عشر ، وأن تكون جميع الأنشطة مستمرة .

رمز النشاط	وقت النشاط (يـوم)	يعتمد على	معدل العمالة يومياً
أ	٥	—	٢
ب	٨	—	٩
ت	٧	أ	٥
ث	٩	ب	٨
ج	٤	ت ، ث	٧
ح	٢	ث	٧
خ	٣	ج	٤
د	١	ج	١١
ذ	٢	ج	٧
ر	٦	ح ، خ	٩
ز	١٤	٦	٩
س	٥	د ، ذ ، ر	٥
ش	٣	ر	٤
ص	٧	ز	٥
ض	٢	س	٨

رمز النشاط	وقت النشاط (يـوم)	يعتمد على	معدل العمالة يومياً
ط	٤	ش	٨
ظ	٦	ص	٣
ع	١٤	ض	٩
غ	١٢	ط	٧
ف	٢	ظ ، ع ، غ	٥

٧ - ٦ أعد التوزيع المنتظم للاحتياجات بطريقة البديهة للمشروع التالي مع العلم بأن التنفيذ يحتاج لثلاثة أنواع من المعدات والتي أرقامها ١ ، ٢ ، ٣ وأن عدد المعدات المستخدمة هو وحدة واحدة من كل نوع ، وبشرط أن يكون توزيع العمالة منتظماً بقدر المستطاع .

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يـوم)	العمالة اليومية	نوع المعدة
أ	—	٢	٩	—
ب	أ	٩	٧	٢
ت	—	١٢	٥	١
ث	—	٨	٩	١
ج	أ	٨	٣	٣
ح	أ	٤	١	٣
خ	ث ، ج	٥	٢	٣
د	ب	٣	٢	٣
ذ	ت ، ح	٦	٤	٢
ر	خ	٩	١	١
ز	د	٤	٢	٢
س	ذ	٢	٦	٢
ش	ر	٣	٨	٢
ص	ز	٥	٤	١
ض	س	٤	٤	١
ط	ش ، ص ، ض	٨	٥	٢
ظ	ش ، ص ، ض	٥	٥	٢
ع	ط	٦	١٢	—
غ	ظ	٦	١٦	—
ف	ع	٩	١٤	—

الباب الثامن

العقود الهندسية

٨ - ١ مقدمــــة

يمكن تعريف العقد على أنه اتفاقية تحكم العلاقة الفنية والمالية والقانونية بين طرفين أو أكثر لإنجاز عمل ما ، شرط ألا يكون ذلك العمل مخالفاً للقانون . وللعقد الهندسي ثلاثة أطراف رئيسية : المالك أو صاحب العمل ، والمهندس الذي يقوم نيابة عن صاحب العمل وبتكليف منه بتوفير الخدمات التقنية والمهنية اللازمة في تخطيط وتصميم وتنفيذ المشروع ، والمقاول وهو الذي يقوم بالتنفيذ العملي للمشروع بما في ذلك توفير المواد والعمالة والآليات اللازمة لبناء المشروع . وتتأثر العلاقة الثلاثية بين الأطراف السالفة الذكر بعوامل عدة تعتمد في مجملها على الطرق والوسائل المتبعة منذ بروز المشروع كفكرة في رأس المالك حتى يتم التنفيذ الفعلي للأعمال ويعتبر فهم تلك العلاقة فهماً جيداً من قبل المهندس وإدارة المشروع بوجه عام أمراً في منتهى الأهمية حيث أن خطأً بسيطاً من جانب المهندس في تحديد تلك العلاقة يمكن أن ينتج عنه نتائج في غاية الخطورة. وربما يتسبب سوء الفهم هذا في عدم كفاءة التصميم أو التنفيذ أو كليهما كما يمكن أن يكون سبباً في خلافات بين الأطراف الثلاثة ينتج عنه خسائر فادحة وربما انتهى الأمر بمرافعات قضائية ليست في صالح المشروع أو صالح أي من الأطراف الثلاثة . .

ونظراً لأهمية صناعة التشييد وكثرة عدد العاملين بها والأموال التي تصرف سنوياً في هذا السبيل كان لزاماً على كل مهندس فهم الأنظمة والقوانين التي تحكمها . ويتبين من أرقام الخطة الخمسية الثالثة للتنمية أن عدد العاملين في قطاع التشييد في المملكة العربية السعودية يزيد على **٣٣٠** ألف عامل عام ١٤٠٠ هـ من أصل حجم العمالة البالغ **٢,٤٧** مليون عامل لنفس العام في البلاد .

كما تنص هذه الخطة على إنفاق ما قيمته **٢٤٩,١** بليون ريال سعودي على البناء والتشييد من أصل مخصصات الخطة البالغة **٧٨٣** بليون ريال . ويمثل ما صرف على قطاع التشييد أثناء تنفيذ الخطة الخمسية الثانية حوالي **٤٩,٦٪** من إجمالي الإنفاق . أما خلال الخطة الخمسية الثالثة فيتوقع انخفاض تلك النسبة إلى **٣٥,٥٪** . ومع أن المملكة العربية السعودية تعيش فترة غير عادية من النهضة والعمران ، فإن قطاع التشييد في معظم بلاد العالم يشكل أحد أهم القطاعات وأكبرها حجماً . وقد سبقت الإشارة إلى حجم قطاع التشييد وعدد العاملين به في الولايات المتحدة الأمريكية وذلك في الباب الأول من هذا الكتاب .

مما تقدم يشعر القارىء بأهمية وحساسية العقود الهندسية التي تحكم العلاقة بين الأطراف المعنية بتلك المهنة ، وضرورة وضوحها ودقتها في تحديد الحقوق والواجبات ولعل مثل هذا التحديد هو أحد العوامل الأساسية لإكمال العمل المتعاقد عليه بنجاح وفي الوقت المحدد لذلك .

٨ - ٢ الشروط الأساسية لشرعية العقد

لكي يكون العقد ذا قيمة فلابد أن يكون متمشياً مع القانون كما أسلفنا ، والا فإنه يصبح عديم المعنى ولايمكن تنفيذه أو اعتماده كحكم أو دليل في المرافعات القضائية ، وحتى يصبح العقد مقبولاً من الناحية القانونية فلابد له من أن يحتوي على الوحدات الأساسية التالية :

أ - يجب أن يكون هناك عرض من أحد الأطراف (المقاول) وقبول لذلك العرض من الطرف الآخر (صاحب العمل) .

ب - يجب أن تكون هناك اتفاقية حقيقية يتم التوصل اليها بين الطرفين أو الأطراف المعنية بطريق الرضا والقبول .

ج - يجب أن يكون موضوع الاتفاقية أو العقد قانوني .

د - يجب أن يكون الطرفين أو الأطراف المعنية ذات ذمة قانونية يجيزها النظام أو القانون إبرام مثل تلك الاتفاقية . فلا يعتبر العقد قانونياً في حالة كون أحد الأطراف فيه مختلاً عقلياً أو ممن أعلن إفلاسهم أو الحجز على ممتلكاتهم رسمياً .

هـ - يجب أن تكون صيغة العقد متمشية مع القانون .

فإذا لم تتوفر أي من الشروط أعلاه في أي عقد ، كان ذلك العقد باطلاً . وسوف نتناول كلاً من الشروط الخمسة بشيء من التفصيل .

(أ) العرض والقبول

يجب أن يكون هناك عرض حقيقي من أحد الطرفين تم تقديمه برضا وحرية تامة وأن يكون هناك قبول لذلك العرض من الطرف أو الأطراف الأخرى . وفي هذا الصدد يجب الإشارة إلى أن هذا الشرط لا يعني أن يكون العرض عادلاً أو كاملاً من حيث قيمته المادية . طالما أنه تم قبوله من الطرف أو الأطراف الأخرى بحرية . ويستثنى من ذلك اتفاقية الدين حيث لا يمكن أن يدفع مدين لدائن مبلغاً أقل من الدين الثابت حتى ولو وضعت اتفاقية بهذا المعنى ما لم تكن هناك اعتبارات أخرى . ومما تجدر الإشارة إليه هنا أنه يجب أن يكون العرض معقولاً ، وفي وسع صاحبه الوفاء به ، فمثلاً يمكن أن يتعهد طرف ما ببناء مشروع ضخم للطرف الآخر . فلو تبدلت الأمور وأصبح الطرف الأول غير قادر على الوفاء بالتزاماته ، ظل العقد ساري المفعول قانونياً ، بينما لا يمكن لطرف أن يتعهد بتسليم أحد نجوم السماء إلى الطرف الآخر نظراً لاستحالة الوفاء بهذا

الالتزام . حيث أن الالتزام المعنوي لا يكفي كقاعدة للالتزام بالوفاء ، ولابد من التزام واضح ومباشر .

ويمكن أن يكون العقد مباشر أو غير مباشر ، كما يمكن أن يكون شفوياً أو مكتوباً . ولكي يكون العقد مباشراً ، لابد من وجود عرض محدد من طرف للدخول في اتفاقية مع الطرف أو الأطراف الأخرى . ومن وجهة النظر القانونية فإن صيغة العرض ليست ذات أهمية في حد ذاتها : فيمكن أن يقدم العرض بخطاب أو برقية أو تلكس أو حتى شفوياً ، ولكن المهم هو أن يثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن هناك عرضاً محدداً . وقد جرت العادة أن يكون العرض مكتوباً وموقعاً من صاحب الصلاحية حتى يصبح العرض قانونياً . ويجب أن يكون القبول بدوره محدداً وواضحاً وغير مشروط . فبمجرد تقديم قبول مشروط يبطل العرض الأصلي قانونياً ولابد من صدور قبول في وقت لاحق . ويمكن اعتبار القبول المشروط عرضاً جديداً وبالتالي فإن لمقدم العرض الأصلي حق قبوله أو رفضه . ولا يكون العقد قانونياً حتى يتم قبول العرض . ويمكن للعرض أن يحتوي على شروط معينة ، وفي تلك الحالة فإن القبول بالعرض يعني القبول بشروطه ، والا فإنه لابد من التفاوض مع مقدم العرض لإزالة تلك الشروط أو بعضها ، وأحياناً يتبع ذلك تعويض مالي مقابل رفع تلك الشروط . ويمكن اعتبار الاتفاقية سارية المفعول في اللحظة التي يسلم فيها قبول العرض لمقدم العرض أو وكيله . فإذا كان العرض سيقدم بواسطة البريد ، فإن مجرد إيداع القبول في البريد (الذي يمثل وكيل صاحب العرض في هذه الحالة) يعني بدء سريان الاتفاقية حتى ولو لم يصل خطاب القبول إلى مقدم العرض . ويحق لمقدم العرض في أي وقت قبل قبول عرضه سحب ذلك العرض أو إلغائه ، وفي تلك الحالة فإن صاحب العمل الذي قدم له العرض يستطيع مصادرة الضمان الابتدائي في حالة وجود مثل ذلك الضمان . ويمكن للعرض أن يصبح باطلاً لأسباب أخرى مثل نفاذ مدته أو وفاة مقدم العرض .

(ب) وجود الاتفاقية

لكي يكون هناك عقد قانوني فلابد من وجود فهم متبادل وواضح لشروط تلك الاتفاقية ومن هنا كانت « لغة العقد » ذات أهمية بالغة ، إذ لابد من أن تتم بالوضوح والدقة لما اتفق عليه الطرفان أو الأطراف المعنية . وقد جرت العادة أن يوقع الطرفان أو الأطراف على الاتفاقية كوسيلة لإثبات فهمهم وقبولهم لما جاء بها . ويمكن إبطال مفعول العقد إذا ثبت أنه لم يكن هناك اتفاق بالمعنى الصحيح أي أن الطرفين أو الأطراف المعنية لم تلتق عند معنى واحد للاتفاقية . ومن أمثلة ذلك وجود أساس خاطىء بنيت عليه الاتفاقية ، أو مخالفة الاتفاقية للشرع أو القانون . ويمكن أن يكون الخطأ في وضع أحد الأطراف المعنية أو الموضوع المتعاقد عليه أو حتى في طبيعة الصفقة أو الاتفاقية . ويشمل بطلان العقد على هذا الأساس انعدام الشيء المتعاقد عليه وقت توقيع الاتفاق كإثبات أن السفينة كانت قد غرقت قبل توقيع اتفاقية الشراء لأن ذلك يعني الاتفاق على معدوم وهذا باطل . ويبطل العقد إذا ثبت أن أحد الطرفين أو الأطراف المعنية الموقعة على الاتفاقية لا يمثل ذلك الطرف تمثيلاً شرعياً وقانونياً ، أو أن يكون هناك احتيال أو إكراه أو تزوير أو أن التوقيع يتم تحت تأثير الضغط أو تحت التأثير من آخرين .

(ج) قانونية موضوع الاتفاقية

يمكن اعتبار العقد باطلاً وغير قانوني إذا كان مضمونه يخالف القانون العام أو مخالفاً للأنظمة القائمة . ومن أمثلة العقود الباطلة العقود التي تتضمن جرائم أو احتيالات أو غش أو تزوير أو منع الآخرين من ممارسة نشاطهم المشروع في ظل الشريعة والقانون ، وكذا العقود التي تشمل التآمر أو التواطؤ أو القمار . ومن أمثلة مخالفة الأنظمة القائمة ، العقود التي تدعو إلى تضليل العدالة أو العقود التي تضر بمصلحة البلاد أو المواطنين ، أو العقود التي تتضمن تضارباً مع مصلحة أحد الأطراف الموقعة على الاتفاقية ، مثل أن يوقع مسئول حكومي نيابة عن المصلحة الحكومية التي يمثلها عقداً مع شركة يملكها أو يساهم فيها هو . وتجدر الإشارة هنا إلى أن دخول طرف في عقد غير قانوني دون علم منه بعدم قانونية هذا العقد لا يعفيه من مسئولياته في حالة خسارته أو تضرره من ذلك العقد ، وعليه يفترض أن يكون جميع الأطراف على علم تام بالنتائج القانونية المترتبة على العقد قبل توقيعه .

(د) أهلية الأطراف المعنية للدخول في الاتفاقية

لا يحق للأطفال غير البالغين للسن القانونية أو لمختلي العقول سواءاً بصورة دائمة أو مؤقتة أن يدخلوا في اتفاقيات . وفي حالة توقيع عقد بين شخص غير بالغ للسن القانونية فإن العقد يصبح غير ملزم للطرف غير البالغ ولكنه ملزماً للطرف أو الأطراف الأخرى . وعند بلوغ الشخص السن القانونية ، وهي ١٨ عاماً في المملكة العربية السعودية فإنه يمكنه تأكيد التزامه بما جاء في العقد وبذلك يكون العقد ملزماً له .

ويمكن اعتبار أهلية الأطراف الموقعة على العقد موضوعاً ذا أهمية خاصة بالنسبة للمهندسين وذلك فيما يتعلق بالشركات والمؤسسات ، والتي ينظمها قانون الشركات من جهة ونظامها الأساسي من جهة أخرى ، وبالتالي يجب أن يتأكد المهندس من أن الأطراف الموقعة على العقد تتمتع بصلاحية الدخول في مثل ذلك العقد . ومن هنا وجب عليه الاطلاع على النظام الأساسي للشركة وقانون إنشائها . ويجب على المهندس أيضاً في إطار ما تقدم أن يتأكد من أن الموقعين على العقد نيابة عن شركات أو مؤسسات أو حتى دوائر حكومية هم مفوضون بالتوقيع نيابة عن تلك المؤسسات وأن ذلك ضمن صلاحياتهم القانونية . وفي حالة توقيع أحد المسئولين على عقد نيابة عن مؤسسة سواءاً كانت حكومية أو خاصة ، ثم اتضاح عدم أحقيته للتوقيع ، أو أنه تعدى صلاحياته ، فإن ذلك العقد لا يلزم المصلحة أو الشركة أو المؤسسة المعنية حتى ولو كان ذلك المسئول قد فعل ما فعل عن حسن نية .

(هـ) صيغة العقد

نظراً للأهمية البالغة للغة العقد وصيغته ، يجب أن تتمشى تلك الصيغة مع القانون . وفي العقود الحكومية ، أي تلك التي تكون إحدى دوائر الحكومة أو إحدى مؤسساتها طرفاً فيها ، لابد من

توفر ما يضمن حسن صرف أموال الدولة ، وبالتالي فإن كثيراً من شروط العقد ذات العلاقة المالية المباشرة يجب أن تكون مكتوبة بعبارة معينة وفق تعليمات رسمية صادرة لجميع دوائر الحكومة ، مثل بند القوة القاهرة ، ولغة العقد والقانون والأنظمة التي يُفسر العقد بموجبها . أما العقود الخاصة أي التي لا تكون إحدى دوائر الحكومة أو مؤسساتها العامة طرفاً فيها ، فيحق لها كتابة صيغة العقد وشروطه كيفما تشاء وباللغة التي تشاء في حدود القانون . وبشكل عام فإن صيغة العقد ووثائقه الفنية والقانونية يجب ألا تتعدى المبادىء العامة للأنظمة المرعية ، وألا تخالف الشريعة أو القانون . فإن لم تكن كذلك فهي باطلة من أساسها ولا يمكن الاستشهاد بها في المرافعات الخاصة أو لدى القضاء .

٨ - ٣ التنازل عن العقد « Assignment of a Contract »

يمكن لطرف من أطراف العقد التنازل عن حقوقه أو واجباته أو نقل أي منها إلى طرف ثالث مالم يكن هناك نص صريح بعدم جواز مثل هذا التنازل أو النقل . وفي حالة قيام ذلك الطرف بالتنازل عن حقوقه أو واجباته إلى طرف ثالث فإن ذلك لا يعفيه من واجباته المنصوص عليها في العقد إلا بموجب اتفاق بالرضا والقبول بين الأطراف الأصلية للعقد الأصلي . وبشكل عام ، فإن جميع العقود قابلة للتنازل أو النقل فيما عدا العقود التي تتضمن استخدام المهارة أو القدرة أو الخدمة الشخصية لأحد أطراف العقد . ويمكن أن يدخل ضمن هذا الاستثناء عقود الخدمات الهندسية كالتصميم والاشراف على التنفيذ ، إذا ثبت أن العقد الأصلي كان مبنياً على استخدام الخبرة والمهارة الشخصية لشخص معين أو أكثر من منسوبي المكتب الاستشاري الهندسي . وفي جميع الأحوال فإن موافقة المالك أمر ضروري لابد من الحصول عليها قبل اجراء التنازل من قبل المقاول . وتنص شروط العقد عادة على ضرورة الحصول على تلك الموافقة . وعندما تتم عملية التنازل ، فلابد من الوصول إلى اتفاقية إلحاقية بين طرفي أو أطراف العقد الأصلي تحدد العلاقة الجديدة بين أطراف العقد بعد التنازل وتحدد المسئوليات ، والالتزامات المالية والفنية والأدبية لكل منهم .

ولابد من وجود شرط أو أكثر من شرط في العقد لمعالجة أمور الوفاة والعجز لوفاء أحد أطراف العقد بالتزاماته ، وما شاكل ذلك بوضع وريثه أو خلفه أو الوصي عليه في منزلة المتنازل اليه بجميع حقوق وواجبات ذلك الطرف . ومالم ينص العقد الأصلي صراحة على خلاف ذلك فإن الوصي يكون ملزماً بجميع واجبات ومسئوليات موكله العاجز أو المتوفى كما أن له المطالبة بجميع حقوقه .

٨ - ٤ التغيير أو التعديل في العقد

يمكن أن يغير كل ، أو جزء من ، مضمون العقد أو يعدل في أي وقت لاحق بعد التوقيع عليه خلال مدة سريانه وذلك باتفاق الطرفين أو الأطراف ذات العلاقة . وعلاوة على ذلك فإن معظم

عقود الخدمات الهندسية وعقود التشييد تحتوي على بنود تعطي للمالك حق إجراء أي تغيير أو تعديل أو إضافة أو حذف أي من الأعمال المتعاقد عليها مع تعويض مالي عادل يدفعه للمقاول . وينص نظام تنفيذ عقود الحكومة وتأمين مشترياتها في المملكة العربية السعودية على أن للمالك (الدائرة أو المصلحة الحكومية) حق زيادة أو خفض حجم الأعمال المتعاقد عليها في حدود ٢٠٪ من حجم الأعمال المتعاقد عليها . وفيما يختص بمبلغ التعويض مقابل هذا التغيير أو الحذف أو الإضافة ، فهناك طرق عديدة لتحديده ، منها المفاوضات المباشرة ، ومنها وجود جدول الكميات في العقود التي تحتوي على جدول مسعر للكميات . ولكن أفضل الطرق على الإطلاق لتحديد هذه المبالغ هي وجود جدول لوحدات الأسعار يتم الاتفاق عليه وتوقيعه ضمن وثائق العقد من الطرفين أو الأطراف ، ويصبح مرجعاً لتحديد التكاليف في حالات التغيير أو الزيادة أو النقص في الأعمال مهما كان نوع العقد ، وذلك لتجنب المنازعات واحتجاجات المقاول من عدم عدالة التعويض ، وما ينتج عن ذلك من مشاكل تنعكس نتائجها ليس فقط من الناحية المادية على المدى البعيد ولكن أيضاً على المشروع نفسه من الناحية الفنية والزمنية .

ويجب ملاحظة أن تغيير أو تعديل عقد ما لا يصبح قانونياً إلا إذا توفرت فيه نفس الشروط التي سبق ذكرها لقانونية العقد نفسه ، وهي قدرة الطرفين أو الأطراف على الدخول في مثل تلك الاتفاقية ، ووجود العرض والقبول ، وقانونية الموضوع المتعاقد عليه ، والاتفاق بين الأطراف اتفاقاً حقيقياً بالرضا والقبول ، وتمشي لغة التعديل مع الأنظمة والقوانين . ويضاف إلى ذلك أن أمر التغيير يمكن أن يكون مباشراً أو غير مباشر كما يمكن أن يكون مكتوباً أو شفوياً . وكثيراً ماتنشب الخلافات حول ما إذا كان طلب معين من المالك يعتبر أمراً غير مباشر بالتغيير أم لا . وعلى كل حال كلما كان حجم الأعمال واضحاً ومفصلاً وشروط العقد دقيقة لا غموض فيها ، ومواصفاته ورسوماته وبقية وثائقه واضحة لا يمكن أن تفسر بغير معناها المقصود ، كلما كانت مجالات الخلاف قليلة . وبناءاً على ما تقدم فإن أمر التغيير يحسن أن يكون مكتوباً ، كما يجب تعريف حجم العمل المراد تغييره أو حذفه أو إضافته بدقة ووضوح ، حتى لا يكون هناك مجال للمنازعات ، وخاصة عندما يتضمن أحد شروط العقد غرامة للتأخير ، وهذا هو التقليد السائد ، حيث أن أمر التغيير يجب أن يعالج مدة التنفيذ بالإضافة إلى تكلفة التغيير . وفي معظم العقود الإنشائية وعقود الخدمات الهندسية تحدد شروط العقد مدة قصوى لتقديم المطالبة بالتعويض عما يعتبره المقاول تغييراً أو تعديلاً . وعند انتهاء تلك المدة يبطل حقه في المطالبة بالتعويض . وتجدر الإشارة هنا إلى أن المهندس المشرف يجب أن يعي ما يصدره من أوامر الميدان ، إذ أن المقاول سيحاول ، ولو من قبيل الاحتياط ، أن يقدم طلباً بالتغيير مع كل أمر ميداني يصدره المالك أو الاستشاري . وسيحاول طلب التعويض المادي والزمني ، باعتبار العمل الصادر به الأمر الميداني خارجاً عن نطاق الأعمال المتعاقد عليها .

٨ - ٥ وقت التنفيذ وغرامة التأخير

اذا نص العقد على أنه يجب أن يتم تنفيذ الأعمال « بأسرع ما يمكن » أو « مباشرة » أو « بدون

أي تأخير » فإن القضاء ، أو ديوان المظالم في حالة العقود التي تكون إحدى دوائر الحكومة أو مؤسساتها طرفاً فيها ، سيعتبر أن مدة التنفيذ هي « المدة المعقولة » في مثل هذه الحالات ، وربما يستعين القضاء بهيئة أو لجنة من أصحاب الاختصاص لتحديد تلك المدة المعقولة بطريقة قياسية . ونظراً لأهمية مدة التنفيذ ، فإنه من الضروري تحديد عدد محدد من الأيام أو أي وحدة زمنية أخرى بحيث يجب أن يتم خلالها تنفيذ الأعمال . ويبدأ حساب تلك المدة من لحظة صدور أمر الشروع في الأعمال وتسليم الموقع . وتحدث هاتين الواقعتين عادة في نفس الوقت . وتحسب أيام عطل نهاية الأسبوع والعطل الرسمية عادة ضمن مدة التنفيذ وذلك لتفادي أي مجال للخلاف . وعندما ينص العقد على أن مدة التنفيذ من جوهر العقد ، وهذا ما يحدث عادة ، فإن ذلك يعني أن فشل أي طرف من أطراف العقد في الوفاء بالتزاماته بموجب العقد ، ضمن زمن التنفيذ ، يمكن أن يكلف ذلك الطرف دفع تعويض للطرف أو الأطراف الأخرى مقابل الأضرار التي قد تلحق بها نتيجة ذلك التأخير . ويمكن تحديد تلك الأضرار إما بطريق التفاوض والاتفاق المباشر ، أو عن طريق القضاء . وتجدر الاشارة هنا إلى أن عملية تحديد قيمة الأضرار والخسائر الناتجة عن التأخير أمر بالغ الصعوبة ، وعليه فقد جرت العادة على أن تحتوي عقود التشييد بشكل عام على مبلغ محدد من التعويضات عن كل يوم يتأخر فيه الانتهاء الجوهري من الأعمال عن موعده المحدد . ويمكن تعريف الانتهاء الجوهري من الأعمال بأنه المستوى الذي يصبح عنده في وسع المالك استعمال المنشأ المتعاقد على إنشائه للغرض الذي انشىء من أجله . وينص نظام تنفيذ مشروعات الحكومة وتأمين مشترياتها في المملكة العربية السعودية على وجوب تشكيل لجنة للاستلام الابتدائي خلال خمسة أيام من استلام إشعار المقاول الذي يخطر فيه المالك (الدائرة الحكومية) بأن العمل المتعاقد عليه قد اكتمل جوهرياً وجاهزاً للاستلام . وتجيز شروط العقد للمالك ، عادة في هذا النوع من العقود ، أن يرفض دعوى المقاول في حالة وجود أعمال ناقصة أو معيبة ، وذلك بعد أن تقوم لجنة الاستلام الابتدائي بتفقد الأعمال ومقارنتها بما تم التعاقد عليه بموجب وثائق العقد . وعندئذ يجب على المقاول استكمال هذه الأعمال ، وتقوم لجنة الاستلام الابتدائي في العادة بإعداد قائمة تسمى قائمة الأعمال الناقصة أو المعيبة وتسلمها للمقاول الذي يجب عليه إكمالها قبل تصفية حقوقه .

وتنص أنظمة تنفيذ مشروعات الحكومة وتأمين مشترياتها (المادة ٣٧) على أن غرامة التأخير في العقود الانشائية تحسب على أساس متوسط التكلفة اليومية للمشروع وذلك بقسمة قيمة العقد على مدته وفق ما يلي :

أ - غرامة على الجزء الأول من مدة التأخير بقدر ربع متوسط التكلفة اليومية عن كل يوم تأخير حتى تبلغ أكثر المدتين خمسة عشر يوماً أو خمسة في المائة من مدة العقد .

ب - غرامة عن الجزء الثاني من مدة التأخير بقدر نصف متوسط التكلفة اليومية عن كل يوم تأخير حتى يبلغ الجزءان أكثر المدتين ٣٠ يوماً أو نسبة ١٠٪ من مدة العقد .

ج - غرامة عن الجزء الثالث من مدة التأخير بقدر كامل متوسط التكلفة اليومية عن كل يوم تأخير تال لأكثر المدتين المنصوص عليهما في الفقرة (ب) .

ولا يجوز أن يتجاوز مجموع الغرامات المفروضة نسبة عشرة في المائة من قيمة العقد ، على أنه إذا رأت اللجنة الإدارية أن الجزء المتأخر لا يمنع الانتفاع بالعمل على الوجه الأكمل في الميعاد المحدد لانتهائه ، ولا يسبب ارتباكاً في استعمال أي منفعة أخرى ، ولا يؤثر تأثيراً سيئاً على ما تم من العمل نفسه ، فلا يتجاوز مجموع الغرامة نسبة عشرة في المائة من قيمة الأعمال المتأخرة .

وقد فسرت وزارة المالية هذه المادة ، على أن تطبق الغرامة على أساس ما تم تنفيذه فعلاً وليس على أساس ما تم التعاقد عليه أصلاً . كما فسرت الوزارة المادة نفسها على أنها تشمل الزيادة أو النقص في حدود ٢٠٪ وأي مدة زيادة أو نقص بزمن تنفيذ المشروع كنتيجة لزيادة أو نقص حجم الأعمال .

وتنص المادة ٣٤ من نظام تنفيذ مشروعات الحكومة وتأمين مشترياتها على ما يلي :

« في عقود التوريد إذا تأخر المتعهد في تنفيذ التزاماته يلتزم بغرامة بواقع ١٪ من قيمة ما تأخر فيه عن كل أسبوع بحيث لا تزيد الغرامة عن ٤٪ من قيمة العقد » .

وبالنسبة لاحتساب غرامة التأخير في العقود المختلطة والمكونة من (توريد + تركيب أو أشغال عامة) فإن المعيار في فرض الغرامة هو العنصر الغالب في العقد إلى جانب طبيعة ونوع العملية ومدى التصاقها بالأرض . فكلما كانت المواد الموردة متصلة بالأرض ولها طابع الثبات النسبي فإنها تكون من الأشغال العامة كالمباني الخرسانية وعمليات تمديد شبكات المياه والمجاري .

وتنص المادة ٣٥ من نفس النظام السالف الذكر على ما يلي

« في عقود الأعمال الاستشارية إذا تأخر المتعاقد في تنفيذ التزاماته يلتزم بغرامة بواقع ١٪ من قيمة ما تأخر فيه عن كل شهر بحيث لا تزيد الغرامة عن ١٠٪ من قيمة العقد » .

وأخيراً فقد نصت المادة ٣٦ من نفس النظام على ما يلي

« في عقود الصيانة والتشغيل إذا قصّر المتعاقد في تنفيذ التزاماته يلتزم بغرامة دورية تقدر في العقد بحيث لا يجوز أن تزيد الغرامة عند نهاية التنفيذ عن ١٠٪ من قيمة العقد » .

ويمكن للمالك إعفاء المقاول من الالتزام بكل أو بعض غرامة التأخير أو تمديد مدة التنفيذ المنصوص عليها في العقد ، وخاصة إذا أضاف المالك بعض الأعمال الزائدة عن حجم الأعمال المتعاقد عليه أثناء التنفيذ . كما يحق للمقاول تمديد وقت التنفيذ إذا كان التأخير ناتجاً عن أعمال أو أوامر أو قرارات المالك . ولا يعتبر التأخير الذي يتسبب فيه مقاولون اخرون في الموقع عذراً وجيهاً للتمديد ، حيث تتطلب نصوص العقد عادة من المقاول أن يقوم بالتنسيق والتعاون مع المقاولين الآخرين في الموقع لتسهيل مهمة كل منهم . وكذا فإن سوء الأحوال الجوية لا يعتبر عذراً مقبولاً يستند عليه للتمديد مالم يثبت أن سوء الأحوال الجوية التي صادفها المقاول غير عادية وقاهرة فعلاً .

وعندما يكون قصر وقت التنفيذ أمراً بالغ الأهمية بالنسبة للمالك يلجأ الاستشاريون أحياناً

إلى وضع بند يعطي المقاول مكافأة عن كل يوم يتقدم فيه الانتهاء الجوهري من الأعمال عن موعده المحدد ، وبنداً آخر يتضمن غرامة عن التأخير عن هذا الموعد ، وذلك لإعطاء المقاول دافعاً أكثر للإسراع في إنجاز الأعمال .

ولا يجيز القضاء في بعض بلدان العالم (كالولايات المتحدة الأمريكية مثلاً) أن يكون هناك بنداً يحمل غرامة للتأخير مالم يكن هناك بنداً مماثلاً يحمل مكافأة للتعجيل . ونظراً لما قد تسببه مثل تلك البنود من أضرار لجميع الأطراف ، فإن مثل تلك البنود تحرم في العقود التي تكون حكومات تلك الدول طرفاً فيها .

٨ - ٦ أسباب انتهاء العقود الهندسية

يحق للأطراف المشتركة في أي عقد إنهاء مفعوله في أي وقت خلال مدة سريان مفعوله إذا اتفقت تلك الأطراف على الإنهاء وشروطه . كما أن هناك حالات أخرى يعتبر معها العقد منتهياً أو لاغياً بصورة تلقائية ، مثل : وفاة المقاول أو إعلان إفلاس أحد الطرفين رسمياً ، وكذا عند وفاء كل طرف من أطراف العقد بالتزاماته بموجب العقد .

وفيما يلي نوضح الحالات التي يتم عندها إنهاء العقد بصورة قانونية :

(١) انتهاء العقد باكتمال الأعمال

يتم إنهاء العقد عادة بصورة تلقائية في اللحظة التي يتم فيها وفاء كل طرف من أطراف العقد بالتزاماته كاملة . وهناك نوعان من الاكتمال : الأول هو اكتمال كافة الأعمال . وذلك عند التأكد من دقة تنفيذ العقد وشروطه ومواصفاته وجميع وثائقه ، واستيفاء المقاول لكامل استحقاقاته لقاء ما قام به من أعمال . ويلاحظ صعوبة تحقيق ذلك في عقود التشييد ومشاكلها . والثاني هو الاكتمال الجوهري للأعمال ، وقد سبق تعريف الاكتمال الجوهري في فصل سابق من هذا الباب . ويشترط لإنهاء العقد بناءاً على مبدأ الاكتمال الجوهري أن يكون استكمال ما تبقى من أعمال حسب العقد وشروطه مستحيلاً ، كما يشترط ألا يتعرض أحد أطراف العقد لأضرار نتيجة للانتهاء . ولا يلزم المالك بقبول الاكتمال الجوهري إذا لم يحاول المقاول تطبيق المواصفات أو عدّل أو حرّف الرسومات والمخططات أو أي من وثائق العقد دون موافقة المالك والاستشاري ، أو عندما يكون التنفيذ قد تم بطريقة سيئة أو بإهمال وعدم عناية تتفق مع أصول المهنة .

(٢) انتهاء العقد بالاتفاق

يمكن للأطراف الموقعة على عقد هندسي أن تتفق على إنهاء ذلك العقد في أي وقت أثناء مدة سريان مفعوله . وقد تكون اتفاقية إنهاء العقد مبنية على التنازل المتبادل أي أن تتنازل أطراف العقد عن حقوقها وواجباتها بموجب العقد بصورة متبادلة وفي وقت محدد . كما يحدث أن تكون اتفاقية إنهاء العقد مبنية على ما يسمى « بالاتفاق الجوهري » بين الأطراف الموقعة على العقد الأصلي ذاتها وذلك عندما يحل عقد جديد محل الاتفاقية الأصلية . ويتم إنهاء العقد أحياناً

بطريقة « الاستبدال » وهي مماثلة للطريقة السابقة ولكنها تختلف عنها بدخول طرف جديد إلى أطراف الاتفاقية الأصلية .

ويحدث في كثير من الأحيان أن يكون إنهاء الاتفاقية مبنياً على مبدأ التعويض . وهو أن يلتزم المتعهد بدفع مبلغ أو مبالغ مالية إلى الطرف المتعهد له مقابل عدم مطالبته له بتنفيذ ما تعهد به من التزامات بموجب العقد الأصلي . ويمكن أيضاً أن تكون اتفاقية إنهاء العقد ،بنية على «الاتفاق والرضا » وهذه الطريقة تماثل الطريقة السابقة التي أسميناها طريقة التعويض ، إلا أنه في حالة التعويض ، يتم تعويض الطرف الآخر « المالك » عن أية أضرار تكون قد لحقت به ، بالإضافة إلى التكاليف المباشرة للوفاء بالالتزامات بينما لا يشترط أن تغطي التعويضات في حالة « الاتفاق والرضا » حتى الالتزامات المباشرة . بل يمكن الذهاب إلى أبعد من ذلك وهو القول بأن « الاتفاق والرضا » يمكن أن يكون مبنياً على الإعفاء من الالتزامات دون مقابل .

وتحتوي العقود الهندسية عادة على بند خاص يتيح للمالك إنهاء العقد في أي وقت بناءاً على ما تقتضيه مصلحته . وفي هذه الحالة يتم الاتفاق بين الأطراف المعنية على تسوية الجوانب المالية للاتفاقية . وتتضمن العقود أحياناً طريقة معينة توضح كيفية تسوية الالتزامات المالية في حالة استخدام المالك لحقه في إنهاء العقد « بناءاً على ما تقتضيه مصلحته » .

(٣) انتهاء العقد بالنقض

عندما يرفض أو يفشل أحد الأطراف في عقد ما في الوفاء بالتزاماته بموجب العقد ، أو عندما تؤدي تصرفات أحد الأطراف إلى استحالة تنفيذ العقد ، فإنه يحق للطرف الآخر إنهاء العقد بناءاً على مبدأ النقض . ويكون عندئذ الطرف الفاشل أو المقصر ملزماً بدفع تعويضات للطرف أو الأطراف الأخرى مقابل ما تعرضت له تلك الأطراف من أضرار . وعلاوة على ذلك فإن الطرف أو الأطراف الأخرى يمكن اعتبارها معفاة من تنفيذ التزاماتها بموجب العقد . ويمكن تصفية الأمور المالية بعد إنهاء العقد بالنقض إما بالاتفاق المباشر بين الأطراف المعنية أو بالتحكيم . ويمكن تفادي النقض بناء على الفشل في حالة واحدة ، وهي مطالبة شركات التأمين التي تعهدت « بحسن التنفيذ » بإكمال الأعمال . وعندما يكون ضمان حسن التنفيذ محدوداً بمبلغ معين « ٥٪ أو ١٠٪ على سبيل المثال » فإن شركة التأمين ستلتزم بدفع تعويضات الأضرار في حدود ذلك المبلغ .

وفي بعض الحالات التي يكون تنفيذ العقد فيها مشروطاً بحدوث شيء أو وقوع حدث معين ، فإن عدم حصول ذلك الحدث يعفي المتعهد من الوفاء بالتزامه ويلغي مفعول العقد من الجهة القانونية . وبالتالي فإن أي من الأطراف يمكن أن يدّعي تعرضه لأضرار ويطالب بالتعويض عن تلك الأضرار .

(٤) إنهاء العقد لاستحالة التنفيذ

يمكن إنهاء العقد بسبب استحالة التنفيذ وذلك عندما يتبين بعد توقيع العقد أن ظرفاً ما ، لم يكن قائماً قبل توقيع العقد ، قد جعل من التنفيذ أمراً مستحيلاً ، مثل اكتشاف أن حالة التربة في

موقع مشروع سد لا تتحمل بناء السد المراد إنشاؤه ، خلافاً للتقارير الأولية التي بني عليها طرح المناقصة وتوقيع العقد . وتجدر الإشارة هنا إلى أن سوء الأحوال الجوية لايمكن اعتباره سبباً جوهرياً لإنهاء العقد « لاستحالة التنفيذ » ، في مثل هذه الحالات . والقاعدة العامة هنا هي أن مجرد عجز أحد الأطراف عن تنفيذ التزاماته لا يعفيه من تحمل المسئولية . وهناك حالات استثنائية من القاعدة السالفة الذكر يمكن عندها إنهاء العقد لاستحالة التنفيذ وهي :

أ - عندما يصبح التنفيذ مستحيلاً بسبب الأنظمة والقوانين المحلية .
ب - عندما يختفي موضوع العقد من الوجود قبل التنفيذ مثل غرق سفينة قبل توقيع عقد شرائها .
ج - مرض أو وفاة أحد أطراف عقد لخدمات شخصية .
د - عندما يتم تدمير أو إتلاف الوسائل التي كان من المقرر استخدامها لتنفيذ العقد .

٥ - إنهاء العقد بفعل القوة القاهرة

القوة القاهرة هي قوة حدث غير عادية مثل الحرب (معلنة أو غير معلنة) وقيام ثورة أو تغيير في نظام الحكم يجعل من المستحيل الاستمرار في تنفيذ العقد . ولابد أن يحتوي العقد على تعريف واضح للقوة القاهرة نظراً للأهمية البالغة لمثل هذا التعريف وما قد يترتب عليه من ملابسات قانونية ومالية في المستقبل . وتختلف هذه التعاريف من عقد لآخر ومن بلد لآخر . كما يختلف أيضاً تعريف القوة القاهرة الذي تتبناه هيئة أو منظمة متخصصة في إعداد العقود النموذجية باختلاف قوانين وأصول المهنة في الدولة أو الدول التي تتواجد فيها تلك الهيئات أو المنظمات . فمثلاً يختلف تعريف القوة القاهرة الوارد في نموذج (فيديك) للعقود الهندسية المعمول به في أوروبا عن مثيله المعمول به في نموذج المعهد الأمريكي للمعماريين . ويجب أن يولى تعريف القوة القاهرة أهمية خاصة ويعالج بلغة واضحة وصريحة بقدر الإمكان حتى يمكن تضييق المجال المحتمل للخلاف في المستقبل . وبناءاً على تعريف القوة القاهرة ، تحتوي شروط العقد عادة على بند أو بنود خاصة تعالج مستقبل العلاقة بين طرفي أو أطراف العقد في حالة حدوث القوة القاهرة . ولابد من الإيضاح التفصيلي لتصفية حقوق المقاول عن الأعمال التي تم تنفيذها قبل إنهاء العقد ، وكذا تعويضه بطريقة عادلة مقابل ذلك الإنهاء . وتتخوف الشركات الأجنبية العاملة في الدول النامية عادة من احتمال حدوث القوة القاهرة ، ولذا فهي تحاول وضع شروط منحازة لصالحها عند حدوث القوة القاهرة . كما أن تلك الشركات تحاول الإصرار على تصميم تعريف القوة القاهرة ليشمل كافة الاحتمالات المختلفة . ولهذه المخاوف ما يبررها من الناحية القانونية ، لأن أي خلاف قد ينشأ بين المقاول والمالك يجب أن يحل بواسطة القضاء في الدولة التي يتم فيها تنفيذ المشروع حيث ينص القانون الدولي على أنه لا يحق أن تقام دعوى ضد بلد ما دون موافقة طوعية منها أمام القضاء في دولة أخرى . وفيما يلي نورد نصاً تقريبياً لتعريف القوة القاهرة كما يرد عادة في عقود دوائر الحكومة في المملكة العربية السعودية مع الشركات .

حادث القوة القاهرة

ويقصد به أي فعل أو حادث أو حالة (تحدث أو توجد في أي مكان من العالم) تفوق سيطرة المقاول ولايمكن تجنبها أو دفعها أو علاجها أو توقعها عند توقيع العقد من قبل صاحب العمل والمقاول . وبشكل عام ، يمكن اعتبارها من حوادث القوة القاهرة في ضوء التعريف المتعارف عليه في صناعة التشييد وحسب قوانين المهنة في العالم . وبدون تحديد لتعميم نطاق التعريف المشار اليه أعلاه ، فإنه ينبغي توافر الشروط التي تحقق اعتباره من حوادث القوة القاهرة . ويدخل ضمن حوادث القوة القاهرة ما يلي

« انتشار الأوبئة ، الشغب ، الفوضى ، الحرب (معلنة او غير معلنة) ، العصيان المدني المسلح ، المقاطعة التجارية : الحظر التجاري ، أو الحصار ، الإضراب ، وأي تغيير للقانون يؤدي إلى عدم شرعية تنفيذ الأعمال ، وحيث أنه يمكن (إلى حد معقول) التنبؤ بأن الظروف المناخية والجوية للرياض وضواحيها بالمملكة العربية السعودية هي ظروف عادية فإنها لا تعد من حوادث القوة القاهرة » .

ولابد من الإشارة إلى أن حدث الإضراب الذي يحق بموجبه اعتبار الحدث قوة قاهرة يجب أن يكون في البلد الذي ينفذ فيه المشروع . ويدخل في هذا الإطار أحداث الشغب والفوضى والحرب والعصيان المسلح والمقاطعة والحظر والحصار الاقتصادي وما إلى ذلك إذا أثرت تأثيراً مباشراً على تنفيذ المشروع . ولا تكون ضمن القوة القاهرة إذا لم تؤثر على تنفيذ المشروع. وكما أسلفنا فلابد من أن تحتوي شروط العقد على بند يعالج ظروف حدوث القوة القاهرة لتحديد المدة التي يمكن في حدودها لأحد الطرفين إشعار الآخر بتوقف الأعمال بسبب حدوث القوة القاهرة . وتحدد أيضاً شروط العقد نوع العلاقة بين المقاول وصاحب العمل عندما يشعر أحدهما الآخر برغبته في إيقاف العمل على أساس القوة القاهرة ، فتحدد مثلاً مدة إيقاف العمل والمبالغ التي تدفع من أحد الطرفين إلى الطرف الآخر أثناء فترة التوقف ، وكذا المدة القصوى للتوقف في ظل هذه الحالة دون تعرض العقد للإلغاء . وفي حالة استمرار مدة التوقف وفقاً لأحكام هذه المادة مدة تزيد عن الحد الزمني الأقصى المتفق عليه ، ومن ثم إلغاء العقد لهذا السبب ، فلابد من وجود مادة أو مواد ضمن شروط العقد تحدد بقدر الامكان طريقة تسوية الجوانب المالية والفنية والقانونية بين طرفي أو أطراف العقد .

٨ - ٧ الشركات والمؤسسات

يتم توقيع العقود وتنفيذ الأعمال وعقد الصفقات التجارية بأحد ثلاث جهات هي :

الأشخاص المنفردين ، الشركات ، المؤسسات . ويحدد نظام الهيئة المتعاقدة الطريقة التي تتبعها في إدارة أعمالها وتوزيع أرباحها والوفاء بالتزاماتها .

وفي حالة الملك الفردي للهيئة ، ليس من الضروري وجود وثائق رسمية . وللمالك المفرد حق السيطرة القانونية على هيئته وأعماله ، كما يحتفظ لنفسه بالأرباح ، أما التزاماته ومسئولياته فهي غير محدودة . أما بالنسبة للشركات والمؤسسات فهي في المقابل توجد وتعمل تحت نظام خاص

بكل منها ، ولكل شركة أو مؤسسة نظام وقوانين داخلية خاصة بها . وتختلف قوانين الشركات والمؤسسات من بلد لآخر . ونظراً لأن المهندس يتعامل خلال أدائه لواجباته مع كل من التنظيمات الثلاثة لإدارة الأعمال ، فلابد له من الإلمام بالجوانب الأساسية لتلك التنظيمات بحيث يكون على حذر من إيقاع نفسه أو من يمثله في مشاكل قانونية أو فنية أو مالية نتيجة جهله بالقوانين والتنظيمات .

والشركة هي ارتباط شخصين مسئولين (طرفين) أو أكثر باتفاق للاشتراك في إقامة هيئة ويتم بناءاً عليه تقسيم مسئوليات وأرباح هذه الهيئة . وتتكون الشركة رسمياً باتفاقية مكتوبة وموقعة من الطرفين أو الأطراف المشتركة فيها ومصادق عليها من الجهة الحكومية ذات العلاقة . وتحدد تلك الاتفاقية الشروط التي تحكم العلاقة بين الأطراف . ومالم يكن نظام الشركة ينص على غير ذلك فإن كل شريك يعتبر موضع ائتمان من قِبل الشريك أو الشركاء الآخرون ويحق للشريك الدخول في اتفاقيات أو عقود نيابة عن الشركة . ويتحمل الشركاء الآخرون الأضرار أو الخسائر الناجمة عن تصرف شريكهم في حدود نطاق عمل ونشاط الشركة . كما يمكن نفي مسئولية الشركة نتيجة تصرف أحد الشركاء بإعطاء إشعار بذلك النفي . ويمكن للشركة أن تملك ممتلكات أو عقارات بإسمها ولا يحق لأي شريك فيها أن يبيع أو يرهن تلك الممتلكات دون موافقة الشركاء الآخرين . ومن أهم قوانين إقامة الشركات أن كل شريك (سواءاً كان عادياً أو إسمياً أو سرياً) يعتبر مسئولاً عن الوفاء بالتزامات شركته لطرف ثالث أو أطراف أخرى بقدر حجم ديون الشركة كاملة . ويمكن لدائن ما أن يرفع دعوى ضد أحد الشركاء في شركة مدينة للأول ، ويستوفي حقه من الأموال الخاصة بهذا الشريك خارج نطاق ممتلكات الشركة . وبالعكس فلا يحق لدائن لأحد الشركاء في شركة ما أن يستوفي دينه من أملاك هذه الشركة إلا إذا حُلّت الشركة ، ولكن لذلك الدائن الحق في حجز أرباح ذلك الشريك من الشركة واستيفاء حقه منه . ويعتبر الشركاء في شركة ما مسئولون عن الاحتيال والتزوير وسوء تمثيل أي من الشركاء متى كان الموضوع في نطاق نشاط الشركة . ويعتبر إعطاء إشعار لشريك في شركة ما . إشعاراً لجميع شركائه . ويمكن حل الشركة بأحد الطرق التالية :

أ - إنتهاء المدة الزمنية للشركة حسب ما هو محدد في اتفاقية قيام الشركة .

ب - اتفاق جميع الأعضاء على حلها .

ج - بفعل أحد الشركاء ، وذلك إذا لم تحدد اتفاقية قيام الشركة مدة زمنية لذلك ، فإن لأي شريك فيها الحق في حلها بإعطاء إشعار لشركائه الباقين .

د - التغيير في العلاقة القانونية للشركاء ، مثل أن يتنازل أحد الشركاء عن حقوقه وواجباته لشخص اخر .

هـ - وفاة أحد الشركاء .

و - زوال عقل أحد الشركاء .

ز - بقرار من الجمعية العمومية .

ح - إعلان إفلاس الشركة .

وفي حالة حل الشركة تُدفع ديونها ثم يُقسم الباقي على الشركاء بنسبة ملكية كل منهم في الشركة .

وهناك نوع اخر من نظم الشركات يجدر الإشارة اليه وهو الشريك ذو المسئولية المحدودة . وهذا الشريك يمتلك أسهماً مثل بقية الشركاء العاديين ، ويحق له نصيب من الأرباح بنسبة مساهمته ، ولكنه لا يشترك في إدارة أعمال الشركة ولا يعتبر مسئولاً عن خسارتها أمام الدائنين إلا بنسبة ما يملكه في الشركة ، بشرط أن يعلن نوع شراكته للجميع . ولا تتسبب وفاة شريك ذا مسئولية محدودة في حل الشركة كما في حالة الشريك العادي ويجب توقيع اتفاقية تحدد مدة اشتراك الشريك ذي المسئولية المحدودة وقيمة اشتراكه وحقوقه وواجباته .

أما المؤسسة فمعناها : اتحاد مجموعة من الأفراد بفعل القانون لتكوين هيئة لها اسم خاص بها وذمة مستقلة خاصة بها ولها حق الاستمرار في البقاء إلى ما لا نهاية ، وكذا التصرف كما لو كانت الهيئة أو المؤسسة شخصاً مفرداً . وتعتبر المؤسسات في نظر القانون مستقلة عن الأشخاص الذين قاموا بتكوينها . وتعتبر ممتلكات المؤسسة ملكاً لها وليس للأشخاص الذين يملكون المؤسسة . كما أن القضايا المرفوعة لصالح المؤسسة أو ضدها يجب أن ترفع لصالح أو ضد المؤسسة وليس أصحابها . وتختلف المؤسسات في خصائصها والغرض من إقامتها . ويمكن تقسيمها إلى مؤسسات خاصة ومؤسسات عامة .

المؤسسات الخاصة : وهذه تنشأ عادة من أجل أغراض خاصة معينة وفق رغبة الأشخاص المؤسسين للمؤسسة . ويمكن لهذا النوع من المؤسسات أن تكون مساهمة أو غير مساهمة . أما المؤسسات المساهمة فلها حق إصدار الأسهم وبيعها كما أن لها الحق في توزيع أرباح على المساهمين . ويسمى مساهماً من يملك سهماً أو أكثر من رأس مال مؤسسة مساهمة خاصة . ويجب أن يكون للمؤسسة نظام يحكم طريقة عملها وميدان نشاطها وعلاقتها بالمساهمين فيها وكذا علاقتها بالغير ، وأيضاً حقوقها ومسئوليتها . ويجب أن يلتزم كل مساهم بالقرارات الصادرة عن المؤسسة بغالبية الأصوات ، على أن تكون تلك القرارات في حدود النطاق والصلاحيات والسلطات التي يجيزها نظامها الأساسي . ومن أهم المميزات للمؤسسات أن المساهمين فيها غير مسئولين عن ديون ومسئوليات المؤسسة . أي أن المؤسسة ذات ذمة مستقلة ولا يلزم أصحابها أو المساهمون فيها بتحمل مسئولياتها. أما المساهم في بنك ما، فيكون مسئولاً بما يعادل ضعف قيمة أسهمه. وتدار المؤسسات عادة بواسطة مجلس إدارة يرأسه رئيس مجلس الإدارة . ويمكن أن يكون أعضاء مجلس الإدارة من المساهمين أو غيرهم. أما الإدارة التنفيذية للمؤسسة فيمكن أن تكون في يد رئيس ونائب للرئيس وسكرتير وأمين للخزانة ومدير عام. ويعتبر هؤلاء مسئولون، كل في حدود اختصاص وظيفته ، عن توجيه وإدارة أعمال المؤسسة . ويمكن أن يزيد أو ينقص عدد أفراد الهيئة الإدارية تبعاً لنوع المؤسسة وحجمها ومجال عملها .. ، ويجب أن ينص النظام الأساسي للمؤسسة على صلاحياتها ومسئولياتها عدا الصلاحيات التلقائية وهي : حق الاستمرار ، والحق في أن تحمل اسماً رسمياً لها يتم بواسطته الاتصال بها ، وتترافع لدى القضاء بواسطته ، كما ترفع ضدها القضايا بواسطته ، ويحق أيضاً للمؤسسة ذاتياً أن تشتري وتقتني الممتلكات الشخصية ، وأن

يكون لها ختماً رسمياً خاصاً بها ، وأن تصدر قوانين داخلية لتسيير أمورها . وليس للمؤسسة حقاً ذاتياً للدخول في عقد للاشتراك أو الضمان . ويجب أن يتم ذلك عن طريق مجلس الإدارة . ولابد من الإشارة هنا إلى أنه من الضروري عند الدخول في عقود مع مؤسسة من المؤسسات التأكد من أن المسئولين الموقعين بإسم المؤسسة قد قاموا بذلك في حدود صلاحياتهم القانونية .

ويمكن حل المؤسسة بأحد الطرق التالية

١ - إنهاء مدة نظامها الأساسي .

٢ - بقرار من السلطة التشريعية في البلاد والتي قامت بالموافقة على النظام الأساسي للمؤسسة .

٣ - مصادرة امتيازها أو نظامها الأساسي بسبب سوء الاستعمال أو عدم استعمال صلاحياتها .

المؤسسات العامة : هي دوائر وأجهزة الدولة مثل الوزارات والمؤسسات وبقية دوائر الحكومة وفروعها مثل البلديات وأجهزة الأمن والتعليم والرعاية الصحية والرعاية الاجتماعية وغيرها . ويختلف نظام هذه المؤسسات من بلد إلى آخر ومن وقت لآخر حسب الظروف التي أنشئت فيها وحسب ما يحدده القرار التشريعي الذي أنشئت على أساسه . ولا تطرح المؤسسات العامة عادة أسهماً للبيع وإنما تملكها الحكومة عادة بالكامل . ويحدد القرار التشريعي الصادر بالموافقة على إنشاء مؤسسة عامة ما الطريقة التي تتم بها إدارتها ، وأيضاً طريقة انتخاب أو تعيين المسئولين عن إدارتها . ويجب التأكد عند دخول المؤسسات العامة في عقود مع طرف ثان من أن ممثلي المؤسسة مفوضون بالتوقيع نيابة عنها . وللمؤسسات العامة إسماً مستقلاً وذمة مالية وقانونية خاصة بها ، ولها حق شراء واقتناء الممتلكات كما أن لها الحق في أن تكون لها أختام رسمية خاصة بها وأن تصدر قوانينها الداخلية التنظيمية .

٨ - ٨ فض المنازعات

يمكن القول دون تحفظ بأن الخلافات والمنازعات لابد وأن تحدث خلال تنفيذ أي عقد من العقود الهندسية ، وذلك نتيجة لاختلاف تفسير بعض نصوص العقد أو شروطه ومواصفاته ورسوماته . ويمكن تقليل مثل هذه الخلافات من خلال العناية التامة والدقة عند إعداد وثائق العقد ومواصفاته وخرائطه ، ومع ذلك لايمكن صياغة عقد متكامل ، وبالتالي فإن حدوث نزاع أو خلاف هو أمر متوقع ، وعليه يجب وضع صيغة محددة لحل مثل تلك الخلافات .

وتنص شروط العقد في معظم الحالات على أن المهندس له حق تفسير أي بند من بنود العقد أو مواصفاته في حالة اختلاف المالك والمقاول على تفسيره . كما تنص أيضاً على أن قرار المهندس في مثل هذه الحالات يكون نهائياً . وعندما يكون الخلاف على نوعية المواد أو طريقة التنفيذ أو جودة المصنعية فإن قرارات المهندس الاستشاري تكون ملزمة للطرفين في العادة ، أما إذا كان الأمر يتعلق بأعمال إضافية أو بمدة التنفيذ أو أضرار أو تعويضات مالية أو غير ذلك من الأمور

القانونية والمالية فإن سلطة الاستشاري تكون محدودة ولابد من طريقة أخرى للتحكيم .

ويجب أن يدرك كل من المقاول والمالك أن الترافع إلى القضاء أمر مكلف مالياً، إلى جانب أنه مضيعة للوقت ولابد لكل من الطرفين أن يبذل أقصى قدر ممكن من المرونة لحل الخلاف الناشىء ، بالرضا والاتفاق دون الرجوع إلى التحكيم ، وفي معظم الحالات يكون مثل هذا الصلح في صالح الطرفين .

وتناط مسئولية فض المنازعات الناجمة عن الخلافات التي تنشأ أثناء تنفيذ العقود الهندسية في المملكة بديوان المظالم . وتنص العقود الهندسية التي تكون إحدى دوائر أو مؤسسات الحكومة طرفاً فيها على أن العقد سينفذ ويفسر حسب أنظمة وقوانين المملكة العربية السعودية ، وأن أي خلاف أو نزاع يجب أن يرفع فيه إلى ديوان المظالم . ويمكن رفع دعوى إلى ديوان المظالم لتمييز الحكم الصادر ، وخاصة عندما يكون الطرفان سعوديين .

ويختلف نظام القضاء من بلد لآخر حسب قوانين البلد ولكن هناك قواعد عامة للقضاء لا تعتمد على نوع القضية أو البلد . ومن هذه القواعد ضرورة وجود مُدّعي ومُدّعى عليه وموضوع متنازع عليه بينهما . وتبدأ القضية بتقديم الدعوى من الـمُـدّعي إلى القضاء . ويهتدي القضاء إلى إقرار الحق باتباع « الدليل » « Evidence » . ويمكن أن يكون الدليل وثائقياً أو عن طريق أقوال الشهود . وأحسن دليل يمكن الاستناد إليه هو إحضار وثيقة مكتوبة تثبت حق صاحبها أو تبرؤه مما نسب إليه ، وتسمى هذه بالدليل الرئيسي . وإذا كانت مثل هذه الوثيقة المكتوبة غير متوفرة وقت المرافعة سمي ذلك بالدليل الثانوي . وبالإضافة إلى الدليلين الرئيسي والثانوي ، هناك أنواع أخرى من الأدلة مثل الدليل المادي ، ومن أمثلته مواد البناء ، والدليل المباشر وهو ما يمكن إثباته دون معارضة مثل إحضار شهود قاموا بمشاهدة الحادث . وهناك أيضاً الدليل التجريبي ، وهو ما يمكن إثباته بالتجربة ، والدليل الاستنتاجي ، والدليل الناتج عن طريق أخذ رأي خبير مختص .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المهندسين غالباً ما يستدعون كشهود لدى المحكمة التي تنظر في قضايا هندسية مثل قوة احتمال التربة وقوة تحمل المنشآت الهندسية وحوادث المرور . وهنا يقوم المهندس بدراسة القضية ، موضوع النزاع ، دراسة وافية من الناحية الفنية ويقوم بالاطلاع والتمحيص للشروط والمواصفات والرسومات ، ومن ثم يعد تقريراً فنياً يوضح فيه رأيه للمحكمة . وإذا كانت القضية في رأيه تسير لغير صالح الطرف الذي يعمل له المهندس فعليه أن يتحلى بالأمانة والصدق وقول الحقيقة مهما كانت النتيجة . فالأمانة المهنية تحتم عليه التمسك بالفضيلة والنزاهة وإحقاق الحق حتى ولو على نفسه .

وتنص معظم العقود الهندسية على طريقة محددة للتحكيم وحل النزاعات التي قد تنشأ أثناء التنفيذ . وفي المملكة العربية السعودية تنص العقود التي تكون إحدى دوائر الحكومة أو مؤسساتها طرفاً فيها ، كما أسلفنا ، على أن الخلافات والمنازعات يجب أن تحل بواسطة ديوان المظالم .

٨ - ٩ أنواع العقود الهندسية

تعد العقود الهندسية بصيغ مختلفة حسب نوع العمل المتعاقد عليه وظروفه . وتختلف تلك العقود في درجة تعقيدها من اتفاقية بسيطة يتم فيها عرض وقبول إلى عقد طويل معقد يتكون من عدد كبير من الوثائق تحدد تفاصيل العلاقة التعاقدية من النواحي القانونية والمالية والفنية . ويعتبر من الأهمية بمكان وضع صيغة محددة ومعروفة مهنياً لأي عقد هندسي . وقد قامت المؤسسات المهنية المتخصصة بمجهودات كبيرة في سبيل وضع عدة صيغ أصبحت مألوفة ومتعارف عليها مهنياً . ومتى كان العقد وشروطه ومواصفاته ورسوماته وبقية وثائقه واضحة ودقيقة في تحديدها لواجبات ومسئوليات وحقوق الأطراف المتعاقدة ، كلما قلت احتمالات الاختلاف في وجهات النظر إزاء تفسير تلك الوثائق ، وبالتالي ضاق نطاق احتمال نشوب أية خلافات أثناء التنفيذ . وقد أصبحت معظم بنود وشروط عقود الإنشاء مألوفة ومتعارف عليها مهنياً بين المقاولين والمهندسين وأصحاب العمل ، وبمعنى اخر فقد أصبحت قياسية في محتواها ومعناها .

ويمكن تقسيم عقود الإنشاء الهندسية إلى مجموعتين رئيسيتين هما : عقود التنافس وعقود التفاوض مع عدد محدد من المقاولين . وتعد عقود التنافس عادة على أساس سعر ثابت بينما تنص عقود التفاوض على أن يدفع صاحب العمل إلى المقاول ، إلى جانب التكلفة المباشرة ، التكاليف غير المباشرة لعمل موظفيه ومستخدميه في مقر عمله الرئيسي إلى جانب نسبة معينة من الأرباح . وتتناسب كل من المجموعتين بشكل عام مع سلسلة من الظروف المحيطة بالمشروع . ونظراً لوجود اختلافات داخل كل مجموعة ، فلابد من الإلمام بها إلماماً تاماً من قِبل المهندس ، حيث أنه يمكن أن يتعامل مع أي نوع منها في حياته العملية .

عقود التنافس

يتم الاعلان في عقود القطاع العام عن عزم الدائرة أو المؤسسة الحكومية على بناء المشروع مع نبذة وجيزة عنه ، ويطلب من المقاولين الراغبين في الدخول في مناقصة إنشائه تعبئة نماذج التأهيل « Prequalification Forms » وتقديم الوثائق التي تؤيد قدرتهم الفنية والمالية ، وكذا سجلاً بالأعمال التي نفذوها من قبل ، ثم يختار المالك مجموعة من أحسن المتقدمين كفاءة ويقوم بدعوتهم إلى شراء نسخة من الشروط والمواصفات والرسومات وبقية وثائق العقد ويطلب منهم دراستها وتقديم عطاءاتهم في يوم كذا وساعة كذا حسب ما هو محدد في خطاب الدعوة . ويجب أن يقدم الضمان المالي الابتدائي وبقية الوثائق القانونية اللازمة مع العطاء . ويقوم المالك بعد ذلك بفتح مظاريف العطاءات وتحليلها واختيار أفضلها . ومع أن نظام تأمين مشتريات الحكومة وتنفيذ مشروعاتها في المملكة العربية السعودية (المادة ١٦ من اللائحة التنفيذية) ينص على أن تكون المفاضلة على أساس التكلفة والتفضيل الفني ، وبالرغم من أن معظم عقود التشييد في المملكة تنص على أن الجهة صاحبة العمل ليست ملزمة بقبول العطاء الأقل أو أي عطاء ، وبعبارة أخرى لصاحب العمل رفض أي عطاء دون إبداء الأسباب ، فإن قيمة العطاء هي واحدة من أهم القواعد التي يبنى عليها عادة ترسية المشروع . وتتمتع العقود التي يكون المالك فيها أحد

مؤسسات القطاع الخاص بمرونة كبيرة في طريقة طرح المشروع وترسيته .

ويمكن تقسيم عقود التنافس إلى نوعين رئيسيين : عقد المبلغ المقطوع « Lump-Sum Contract » وفيه يتعهد المقاول بتحمل كافة أعباء تنفيذ المشروع بما في ذلك قيمة المواد وأجور العمال وأتعاب موظفيه في مقره الرئيسي وأرباحه وبقية التكاليف المباشرة وغير المباشرة نظير مبلغ مقطوع يدفعه المالك . وعقد وحدة الأسعار « Unit-Price Contract » وفيه يقوم المقاول بتسعير جدول الكميات ثم يقوم بإضافة محتويات جدول الكميات إلى بعضها للحصول على السعر التقريبي الكلي للعملية . ويكون هذا السعر مجرد تقدير تقريبي ، إذ أن الكميات الفعلية ربما تزيد أو تنقص عن تلك الكميات المسعرة . ويكون الدفع للمقاول بناءً على حساب الكميات الفعلية المنفذة . ومع أن هناك أوجه للشبه بين هذين النوعين من العقود ، إلا أنه توجد أوجه كثيرة للاختلاف في طرح العطاء وتنفيذ الأعمال ، بل وفي طريقة كتابة المواصفات وبقية وثائق العقد .

ويكثر استعمال عقود المبلغ المقطوع في إنشاء المباني بمختلف أنواعها . وبشكل عام فهذا النوع من العقود يحسن استخدامه عندما تكون الوحدات المكونة للمشروع قياسية في طبيعتها وكثيرة في عددها ومختلفة في أنواعها . وعند استعمال هذا النوع من العقود لابد من وجود شروط ومواصفات ورسومات وشروط عقد واضحة ودقيقة لا مجال فيها للتفسيرات المختلفة . وكثيراً ما يحدث الخلاف في هذا النوع من العقود عند صدور أوامر التغيير إلى المقاول ، والتي يضاف بموجبها أعمال إضافية إلى واجبات المقاول حسب العقد الأصلي . ويمكن القضاء على مثل هذا الخلاف بإعداد جدول مسعر للكميات ضمن وثائق العقد يستخدم لتسعير تكلفة أوامر التغيير ويسمى ذلك الجدول « جدول وحدات الأسعار » « Schedule of Unit Rates » . أما عقد وحدة الأسعار فيستعمل في حالة وجود عدد كبير من الوحدات ، وعدد قليل من أنواع تلك الوحدات بحيث لا يمكن تحديد حجم الأعمال بدقة قبل توقيع العقد . ولهذا النوع من العقود مزايا مثل المرونة في زيادة أو نقص حجم الأعمال . ويكثر استعماله في العقود التي يكون المالك فيها مؤسسة خاصة . أما المؤسسات العامة فنادراً ما تستخدم هذا النوع من العقود نظراً لأن هناك حداً أعلى لا يستطيع المالك أن يتعداه في زيادة أو نقص حجم الأعمال . وفي المملكة العربية السعودية تستطيع الدوائر والوزارات والمؤسسات الحكومية زيادة أو نقص حجم أعمال عقودها في حدود ٢٠٪ من حجم الأعمال المتعاقد عليه أصلاً .

بالإضافة إلى النوعين السابقين من عقود التنافس هناك نوع ثالث يجمع بين عقد المبلغ المقطوع وعقد وحدة الأسعار . ويستعمل هذا النوع الثالث من العقود في حالة وجود مشروع كبير تنطبق على جزء منه صفات عقد المبلغ المقطوع بينما تنطبق على الجزء الآخر صفات عقد وحدة الأسعار . وفي مثل هذه الحالة فإن المقاول يقدم عرضاً مزدوجاً لتغطية العملية كاملة ويتكون هذا العرض من جزئين سعر أحدهما ثابت مقطوع وسعر الآخر تقريبي .

عقود التفاوض

تقف عقود التفاوض على النقيض من عقود التنافس في أنه يتم ترسيتها بعد استدعاء عدد محدد

وقليل من المقاولين المؤهلين تأهيلاً عالياً ـ من وجهة نظر المالك ـ من حيث الخبرة السابقة ووجود الآليات والأجهزة والعمال وسلامة القاعدة المالية لهم ، ثم يجري التفاوض معهم لاختيار واحد منهم . ولا يستخدم هذا النوع من العقود في أعمال القطاع العام إلا في نطاق ضيق ولأجهزة خاصة مثل أعمال القطاعات العسكرية . وبناءًا على ذلك فإن هذا النوع من العقود يكثر استعماله في عقود القطاع الخاص نظراً لغياب الضوابط والقوانين والأنظمة التي تتطلب المنافسة كما يحدث في عقود القطاع العام .

ويقوم المالك بدفع تكاليف الأعمال الفعلية إلى المقاول مضافاً اليها تعويضاً مقابل خدماته وأجهزته ، وأيضاً الاستفادة من خبرته التقنية وأرباحه . وهناك عدة صيغ يتم عن طريقها دفع التعويضات السالفة الذكر . ويقوم المالك في نهاية كل فترة (شهرية مثلا) بدفع تكلفة الأعمال المنفذة فعلاً حتى تاريخ نهاية تلك الفترة ، بالإضافة إلى نصيب المقاول من التعويضات عن ذلك الجزء من الأعمال . ويتم تقدير تكلفة الأعمال بواسطة طريقة دقيقة وواضحة لحساب الكميات . ويجب وضع بند ضمن شروط العقد يخول للمهندس حق إجازة أو رفض طلبيات المشتريات قبل شرائها وكذا الرواتب والأجور . وينقسم هذا النوع من العقود إلى الفئات التالية .

(١) عقد التكلفة مضافاً اليها نسبة مئوية من التكلفة

تعتبر هذه الصيغة من أقدم أنواع عقود التفاوض ومن أهم مميزاتها إمكانية بدء الأعمال قبل الانتهاء من إعداد بقية وثائق ورسومات التصميم ، مما ينتج عنه توفير في الوقت بالنسبة للمشاريع التي لها صفة الاستعجال . كما أنها تتسم بالمرونة التي تمكّن المالك من عمل أية تغييرات أو تعديلات أو إضافات أثناء التنفيذ . ومن مساوىء هذه الصيغة بالنسبة للمالك ، ارتفاع تعويضات المقاول بارتفاع تكلفة المشروع ، وبالتالي ليس لدى المقاول أية حوافز للتوفير ، بل على العكس لديه الدافع على عدم الاقتصاد والإسراف .

(٢) عقد التكلفة مضافاً اليها مبلغاً مقطوعاً مقابل التعويضات

وفي هذه الصيغة يقوم المالك بدفع التكاليف الفعلية للإنشاء مضافاً اليها مبلغ مقطوع مقابل خدمات وأتعاب وأرباح المقاول . وهذه الصيغة تتطلب وجود مواصفات دقيقة تحدد حجم الأعمال بصورة واضحة لأن المقاول سيطالب بزيادة مبلغ أتعابه في حالة تغيّر حجم الأعمال بصورة جوهرية . ويكثر استعمال هذا النوع من العقود في العقود العسكرية وفي مشاريع القطاع الخاص . وليس من مصلحة المقاول أن يحاول رفع تكاليف المشروع حيث أن أتعابه محددة القدر .

(٣) عقد التكلفة مضافاً اليها مبلغ مقطوع ونسبة من أرباح التوفير

وفي هذه الصيغة يعطي العقد للمقاول ـ بالإضافة إلى المبلغ نظير خدماته وأتعابه ـ نسبة من الأرباح في حالة حدوث توفير في التكلفة الكلية التي تم تقديرها عند توقيع العقد . وبهذه الوسيلة يكون لدى المقاول حافزاً قوياً للاقتصاد في التكلفة أثناء التنفيذ . وتتراوح نسبة نصيبه من الأرباح عادة بين ٢٥ و ٥٠ في المائة .

(٤) عقد التكلفة مضافاً اليها مبلغ مقطوع وحافز لتوفير الوقت

وتستخدم هذه الصيغة في العقود التي يعتبر فيها العامل الزمني ذو أهمية بالغة ويخول العقد للمقاول بالإضافة إلى كامل التكلفة والمبلغ المقطوع نظير أتعابه ، مبلغاً آخر مقطوعاً مقابل كل يوم يستطيع فيه المالك استعمال المنشأ قبل التاريخ المتوقع لإكمال المشروع عند توقيع العقد . ويمكن أن ينص العقد أيضاً على غرامة للتأخير إذا تأخر المقاول في إكمال الأعمال في التاريخ المحدد لإكمالها .

(٥) عقد التكلفة مضافاً اليها مبالغ متغيّـرة

وفي هذه الصيغة يقوم المالك بدفع كامل تكلفة الإنشاء إلى المقاول مضافاً اليها مبالغ تحسب بواسطة علاقة رياضية مبنية على تكلفة المشروع ومدة تنفيذه . وتصاغ تلك العلاقة الرياضية بطريقة ترتفع معها أتعاب المقاول كلما قام بتوفير في تكاليف المشروع ، وكلما أسرع في تنفيذه بحيث يتم إكماله قبل الموعد المقرر لذلك .

(٦) عقد التكلفة مضافاً اليها مبلغ مقطوع مع ضمان حد أعلى للتكلفة

يؤخذ على عقود التكلفة ـ مضافاً اليها أتعاب المقاول ـ أنها لا تعطي المالك أية وسيلة يستطيع بها تحديد التكلفة الكلية للمشروع . وللتغلب على ذلك جاءت « صيغة العقد مضافاً اليها مبلغ مقطوع مع ضمان المقاول للحد الأعلى لإجمالي تكلفة المشروع » بحيث لا تزيد عن مبلغ محدد . فإذا زادت التكلفة الإجمالية عن الحد الأعلى تحمّـل المقاول الزيادة بكاملها . وان لم تبلـغ التكلفة الحد الأعلى فإما أن يكون كامل الفرق من نصيب صاحب العمل ، أو أن يكون للمقاول نصيب من ذلك التوفير . ويحدد العقد وشروطه الصيغة المتفق عليها في هذه الحالة .

وهناك أنواع أخرى من العقود ذات الصيغة الخاصة . ويمكن الوصول اليها إما بطريقة التنافس أو بالتفاوض أو بهما معاً . ومن هذه العقود ما يلي :

(١) عقد إدارة المشروع

يتم اختيار المقاول في هذا النوع من العقود بناءاً على أمانته وخبرته وسداد رأيه في تنفيذ المشاريع المماثلة . وقد ينص العقد على أن يقوم المقاول الذي يدير المشروع بتنفيذ جزء من الأعمال عن طريقة مباشرة ، بشرط ألا يزيد حجم تلك الأعمال عن ٢٠ في المائة من حجم أعمال المشروع كله وإلا كان مقاولاً عاماً عادياً . ويجب أن يحدد العقد بصورة واضحة واجبات ومسئوليات المقاول « مدير الأعمال » وعلاقته بكل المقاولين في الموقع وكذا بالاستشاري . وقد يحدث أن يكون العقد شاملاً أيضاً للتصميم والإشراف وإدارة المشروع .

(٢) عقد تسليم المفتاح

وهذا النوع من العقود يماثل عقد المبلغ المقطوع إلا أنه في الأخير ، قد يقوم المالك بموجبه بتأمين بعض المواد بالتوريد المباشر أو عن طريق مقاول آخر . كما ينص العقد على أن المقاول الأصلي

سوف يقبل هذه المواد « مصنعة أو غير مصنعة » وانه سيستخدمها في إكمال الأعمال المتعاقد عليها . ومثال ذلك أن يوقع المالك عقداً مع مقاول لإنتاج وتوريد وحدات الخرسانة مسبقة الصب ، ثم يوقع عقداً ثانياً مع مقاول آخر « المقاول العام » لبناء المشروع على أن يستخدم هذا المقاول الأخير وحدات الخرسانة المسبقة الصب التي ينتجها المقاول الأول . أما في حالة عقد تسليم المفتاح فإن المقاول يتسلم الشروط والمواصفات والرسومات وبقية وثائق العقد ويقوم بالتنفيذ الكامل بما في ذلك توريد المواد ، وربما التصميم والتنفيذ معاً .

(٣) عقود الإتحاد أو المحاصة « Joint-Venture Contracts »

وهذه تستخدم إذا كان حجم الأعمال التي يتكون منها المشروع كبيراً جداً ، إن تولي مسئولية تنفيذ العقد من قبل شركة واحدة سيشكل عبئاً ثقيلاً على هذه الشركة ، وذلك من النواحي المالية والإدارية والفنية . وبالإضافة إلى ذلك ، إذا تعرض هذا المشروع لأية متاعب أو مشاكل فإن ذلك قد يعني نهاية الشركة كلها . ومن أجل هذه الأسباب وغيرها تكونت فكرة عقود الإتحاد . وفي هذا النوع من العقود تتحد شركتان أو أكثر لإيجاد هيئة تشبه شركة أو مؤسسة مستقلة ، وتتجمع خلالها جهود الشركات المكونة للإتحاد في توفير الإمكانيات المالية والإدارية والآلية والفنية والتقنية لتنفيذ المشروع . ويختلف اتحاد الشركات عن الشركات والمؤسسات الأخرى في أنه ينشأ من أجل تنفيذ مشروع واحد ، وبالتالي فليس له صفة الاستمرارية ، ويعتبر بقاؤه مرتبطاً بتنفيذ المشروع الذي أنشىء من أجله . ولابد من وجود اتفاقية توقعها الشركات المكونة للاتحاد لتوضيح طريقة التمويل والادارة للمشروع ، وكذا الطريقة التي يتحمل بموجبها أعضاء الاتحاد الخطر ، وأيضاً طريقة تقسيم الأرباح أو الخسائر . ولابد من موافقة المالك « صاحب العمل » على اتفاقية هذا الاتحاد . ويكون عادة أحد الشركاء الذين قاموا بتكوين الاتحاد رئيساً له . ويملك هذا الشريك أعلى نسبة من رأسمال الاتحاد ومسئولياته .

وتعتبر عملية اختيار نوع العقد مسألة من اختصاص صاحب العمل ، إلا أن المهندس الاستشاري يساعد عادة في تقديم النصح إلى المالك في اختيار أكثر أنواع العقود ملاءمة للمشروع المراد إنشاؤه . ويجب أن تعد صيغة العقد وشروطه وجداوله ومواصفاته ورسوماته التنفيذية بما يتمشى مع نوع العقد المراد إنشاؤه .

وفيما يلي نورد مثالين : أولهما لصيغة عقد التنافس والثاني لصيغة عقد التفاوض .

« عقـد التنافس »
المملكة العربية السعودية
(يوضع هنا إسم صاحب العمـل)

عقـــد

إنشـــاء ....

تم إبرام هذا العقد « العقد » في هذا اليوم الواقع في / / عام ١٤ هـ الموافق / / من عام ١٩ م بين .... وهي إحـدى المؤسسـات الحكومية بالمملكة العربية السعودية ، ويشار اليها فيما بعد بـ « صاحب العمل » وبين شركة .... وهي شركة تأسسـت بموجـب قوانـين .... ، وشركة .... وهي شركة تأسست بموجب قوانين .... ، وشركة .... وهي شركة تأسست بموجب قوانين .... ،

وقد أبرمت الشركات الثلاث اتفاقية شركة محاصة « Joint-Venture » تسهيلاً لها في تنفيذ التزاماتها بموجب هذا العقد . ومع هذا توافق كلاً منها بأن تكون مسئولة بالتكافل والتضامن عن تنفيذ العقد . ويشار إلى الشركات الثلاث .... معاً فيما بعد بكلمة « المقاول » .

ويوافق المقاول وصاحب العمل بهذا على اعتبار الحيثيات التالية أساساً للعقد ومبرزاً لتنفيذه ، وقد قصد بها أن تكون وتفسر على أنها جزء من هذا العقد .

الحيثيـات :

١ - حيث أن صاحب العمل يرغب في تنفيذ وإنجاز وصيانة أعمال معينة تتعلق بإنشاء .... لحساب صاحب العمل في مدينة .... بالمملكة العربية السعودية طبقاً لشروط العقد ومستندات العقد الأخرى .

٢ - وحيث أن المقاول قد قدم عرضاً لصاحب العمل لتنفيذ وإنجاز وصيانـة الأعمال طبقاً لشروط العقد ومستندات العقد الأخرى ، وحيث أن صاحب العمل قد قبل العرض ويرغب الآن في التعاقد مع المقاول لتنفيذ وإنجاز وصيانة الأعمال طبقاً للشروط والأحكام الواردة في هذا العقد .

٣ - وحيث أن شركة .... وشركة .... وشركة .... قد شكلت معاً « المقاول » وقبلت من خلال المقاول بهذا التعاقد وبتنفيذ وإنجاز وصيانة الأعمال طبقاً لشروط العقد ومستندات العقد الأخرى .

٤ - وحيث أن صاحب العمل يملك في حوزته الأموال اللازمة لدفعها إلى المقاول وفقاً لأحكام العقد .

لذلك فإنه في ضوء التعهدات والاتفاقيات المتبادلة المنصوص عليها في هذا العقد ونظراً لعزم الطرفين على الالتزام بذلك نظاماً فقد اتفق الطرفان على ما يلي :

المادة (١) التزامات المقاول :

١/١ الأعمال :

يقوم المقاول مراعاة لأحكام هذا العقد بتنفيذ وإنجاز وصيانة الأعمال بالمهارة والعناية اللازمتين لذلك وبالالتزام الكامل من جميع الوجوه بأحكام هذا العقد وبتقديم جميع العمال بما في ذلك الإشراف عليهم ، مواد الإنشاء ومصنع الإنشاء والأعمال المؤقتة والإسكان لجميع جهاز موظفي المقاول وجهاز موظفي كل مقاول من الباطن والمعولين المرافقين لهم وكافة الأشياء (سواءاً كانت ذات طبيعة مؤقتة أو دائمة) اللازمة لتنفيذ وإنجاز وصيانة تلك الأعمال حسبما ورد تحديده صراحة في هذا العقد أو يفهم منه ضمناً بالقدر المعقول .

٢/١ موعد بدء الأعمال وإنجازها :

تبدأ الأعمال المطلوب تنفيذها بموجب هذا العقد ويتم إنجازها في مواعيد لا تتجاوز المواعيد المنصوص عليها في شروط العقد أو في تلك المواعيد اللاحقة التي يسمح بها بموجب أحكام هذا العقد .

تبدأ فترة الإنجاز التي يلتزم المقاول خلالها بالتنفيذ والإنجاز الجوهري لكامل الأعمال المؤقتة والدائمة عند صدور الإشعار بالمباشرة من قبل صاحب العمل وتنتهي بتاريخ انقضاء (..........) شهراً بعد صدور الإشعار بالمباشرة مالم تمدد وفقاً لشروط العقد .

٣/١ القيام بالمسئوليات والالتزامات :

يتعهد المقاول بهذا أن يراعي ويقوم ويفي بجميع وبأي من التزاماته ومسئولياته وتعهداته ، التي يكون قد التزم بها أو خضع لها حسبما هو منصوص عليه في هذا العقد أو ناشيء عنه .

المادة (٢) تعهدات صاحب العمل :

١/٢ دفع سعر العقد المحدد :

يتعهد صاحب العمل بهذا أن يدفع إلى المقاول نظير تنفيذ وإنجاز وصيانة الأعمال سعر العقد المحدد في المواعيد وبالطريقة المبينة في هذا العقد .

سيكون سعر العقد المحدد ....

(يكتب السعر بالحروف والأرقام) .... ريال سعودي باستثناء الزيادات في سعر العقد المحدد التي تتأثر تبعاً لأوامر التغيير التي تصبح نافذة وفقاً لشروط العقد . لا يخضع سعر العقد المحدد للزيادة لأي سبب .

(ملاحظة : في حالة العقد المبني على سعر الوحدة فإن نص العبارة السابقة يصبح : يتعهد صاحب العمل بهذا أن يدفع إلى المقاول نظير تنفيذ وإنجاز وصيانة الأعمال سعر العقد حسب ما حدده جدول الكميات المسعر من قِبل المقاول والموافق عليه من قِبل صاحب العمل ، في المواعيد وبالطريقة المبينة في هذا العقد .

سيكون السعر الإجمالي للعقد المتوجب دفعه من صاحب العمل إلى المقاول مبنياً على ما يتم تنفيذه في الموقع فعلاً وتتم طريقة القياس وفق الجداول رقم ..... ورقم ...... ورقم ...... الملحقة بشروط هذا العقد . ويتم دفع المبالغ المستحقة للمقاول بالطريقة الموضحة بموجب شروط هذا العقد . وباستثناء الزيادات في حجم الأعمال التي يصدر بها أوامر تغيير بين الحين والآخر وفقاً لأحكام هذا العقد وشروطه وتبعاً لمصلحة صاحب العمل ، فلا يجوز أن يزيد سعر أي وحدة من الوحدات المبينة في جدول الكميات السالفة الذكر مهما كان السبب)

٢/٢ القيام بالالتزامات والمسئوليات :

يوافق صاحب العمل بهذا على أن يراعي وينفذ ويفي بجميع وبأي من التزاماته ومسئولياته وتعهداته التي يكون قد التزم بها أو خضع لها حسبما هو منصوص عليه في هذا العقد أو ناشيء عنه أو يمكن استنتاجه منه بالحد المعقول .

المادة (٣) المسئولية بالتكافل والتضامن :

توافق شركة .... وشركة .... وشركة .... بهذا أن تكون مسئولة بالتكافل والتضامن عن أي من وجميع المواثيق أو الالتزامات أو التبعات أو التعهدات المطلوب تنفيذها أو القيام بها أو مراعاتها من قِبل المقاول أو من قِبل كل من .... (الشركات) .... أو من جميعها حسبما هو وارد في هذا العقد أو مرتبط به أو ناشيء عنه . ولا تتأثر هذه المسئولية بالتكافل والتضامن بأي من الأمور التالية :

أ - قيام صاحب العمل بين الحين والآخر بالتعامل مع المقاول أو بعمل ترتيب أو تسوية معه عن طريق واحد أو أكثر من ممثلي المقاول فيما يتعلق بأي من تلك المواثيق والالتزامات والتبعات والتعهدات .

ب - قيام صاحب العمل باتخاذ إجراء أو استصدار حكم ضد المقاول أو شركة .... أو شركة .... أو شركة .... من أية محكمة ذات اختصاص فيما يتعلق بأي من تلك المواثيق والالتزامات والتبعات والتعهدات .

ج - قيام صاحب العمل بين الحين والآخر بالتعامل مع أو عمل ترتيب أو تسوية مع أي من .... (أسماء الشركات) .... فيما يتعلق بأي حكم صادر عن ديوان المظالم ضد أي من الشركات الثلاث أو المقاول فيما يتعلق بأي من تلك المواثيق والالتزامات والتبعات والتعهدات .

د - بسبب حل أو تصفية المقاول أو .... (أسماء الشركات) .... أو بسبب إنهاء هذا العقد (سواءاً بسبب الانهاء للملائمة طبقاً للمادة (.........) من شروط العقد أو تبعاً لحدوث حالة تقصير أو خلاف ذلك) أو بسبب إنهاء أو تعديل اتفاقية المحاصة بين .... (أسماء الشركات) .... فيما يتعلق بتكوين المقاول .

هـ - بسبب إعطاء أي شخص أو شركة ضماناً أو اتفاقية ضمان العيوب الخفية أو إصدار أي خطاب ضمان فيما يتعلق بأي من تلك المواثيق والالتزامات والتعهدات والتبعات بما في ذلك ، دون تحديد ، إصدار أي خطاب ضمان أو إعطاء أية اتفاقية ضد العيوب الخفية مما يكون مطلوباً أو مسموحاً به بموجب هذا العقد .

و - قيام صاحب العمل بتعديل أي ضمان كهذا أو اتفاقية ضمان أو خطاب ضمان أو تغيير أي من هذا أو السماح بانقضاء مدة سريانه أو تمديده أو عدم المطالبة به أو التعامل به على أي نحو آخر .

ز - أو لأي سبب مهما كان ، من شأنه (لولا وجود هذا النص) أن يؤدي بموجب أي قانون يتعلق بالمسئولية بالتكافل والتضامن إلى إعفاء أي من شركة .... أو شركة .... أو شركة .... من التزاماتها الواردة فيما بعد أو يؤثر بها عكسياً .

ولا يجوز لصاحب العمل عند ملاحقة شركة .... أو شركة .... أو شركة .... أو أي منها ، أن يتلقى أو يسترجع أموالاً ، أو مبالغ تزيد في مجموعها عن مطالباته من المقاول .

المادة (٤) الكلمات والمصطلحات :

يكون للكلمات والمصطلحات الواردة في هذا العقد المعاني المحددة لها فيه أو في شروط العقد أو في أي من مستندات العقد الأخرى ، إلا إذا اقتضى سياق الكلام نصاً صريحاً بخلاف ذلك .

المادة (٥) الإدماج بالإشارة :

تعتبر شروط العقد وملاحق شروط العقد ومستندات العقد الأخرى بحكم هذه الإشارة المحددة في الملحق (...) منها مدمجة في هذا كما لو وضعت بكامل نصوصها في صلبه وسوف تعتبر جزءاً لا يتجزأ من هذا العقد .

المادة (٦) نسخ العقد :

أبرم هذا العقد من (...) نسخ من قبل جميع الأطراف وتعتبر كل منها نسخة أصلية وتشكل جميعها وثيقة واحدة .

المادة (٧) استقلالية النصوص :

إذا تعطل مفعول نص واحد أو أكثر من نصوص هذا العقد أو أي مستند من

مستنداته أو أصبح غير قابل للتطبيق أو غير نافذ المفعول أو غير نظامي بأي وجه من الوجوه بموجب أي نظام ساري المفعول أو غيره فلن يؤثر ذلك على سريان مفعول النصوص الأخرى أو يؤدي إلى تعطيلها أو عدم نظاميتها .

المادة (٨) القانون الضابط :

يخضع هذا العقد ويفسر طبقاً للقوانين والأنظمة السارية المعمول بها في المملكة العربية السعودية بين الحين والآخر بما في ذلك ، دون تحديد ، نظام تأمين مشتريات الحكومة وتنفيذ مشروعاتها ولائحته التنفيذية .

المادة (٩) لغة العقد :

كتب هذا العقد وشروطه وملاحقه باللغة العربية ، ومع وجود نص باللغة الانجليزية لهذا العقد وشروطه وملاحقه فإن العبرة بالنص العربي وإذا حدث اختلاف في أي من وثائق العقد بين النصين وجب العمل بما يقتضيه النص العربي .

وإثباتاً لما تقدم وقع صاحب العمل والمقاول على هذا العقد في اليوم والتاريخ السابق ذكرهما أعلاه .

أسماء الممثلين المفوضين للشركات الثلاث

(تواقيعهم مقرونة بالأختام)

إسم صاحب العمل

(توقيعه والختم الرسمي)

ويجب أن يلاحظ القارىء أمرين هامين أولهما أن بنود العقد قد تزيد أو تنقص حسب نوع وحجم العمل المتعاقد على تنفيذه ، وثانيهما أن صيغة العقد بالشكل السالف الذكر لا تكفي لتحديد كامل وجوه العلاقة التعاقدية بين المقاول وصاحب العمل . ومن هنا لزم وجود وثيقة تسمى شروط العقد (وملاحق تابعة لهذه الشروط) . وتتكون تلك الوثيقة من بنود تشمل على سبيل المثال التعاريف والتفسيرات ، وواجبات والتزامات الاستشاري ، وممثلي صاحب العمل ، والتنازل والتعاقد من الباطن ، ونطاق العقد ، ومستندات العقد ، والرسومات والمواصفات وبقية الوثائق ، وحفظ السجلات ، وخطابات الضمان ، وإقرارات وتعهدات المقاول ، ونظام مراقبة المشروع ، وإشراف المقاول ومؤهلات جهازه الفني ، وأعمال المسح والتخطيط ، والحسابات والحفر الاستكشافية واحتياطات الأمن والسلامة ، والمسئولية عن الأعمال ، والالتزام بالتعويض ، والتأمين والعلاقات بين الأطراف ، ورأي الاستشاري ، والعلاقة بين الاستشاري والمقاول ، ومتطلبات القانون المطبق ، والحفريات والآثار ، وحقوق الاختراع ، والاكتشاف ، وعرقلة حركة المرور وممتلكات الغير ، والنقل ، والتعاون مع المقاولين الآخرين ، وتوريد المواد والأيدي العاملة ،

وإخلاء موقع الإنشاء عند إنجاز الأعمال ، وجهاز موظفي المقاول ، والكفالات والضمانات ، وبرنامج ضمان النوعية والجودة ، وبدء الأعمال ، واستلام موقع العمل والدخول اليه ، وتوثيق الأعمال وحالات القوة القاهرة ، وتاريخ الإنجاز ، والطقس والأحوال الجوية ، والعمل أثناء الليل وأيام الجمع والعطل الرسمية ، والتأخيرات والغرامات ، وشهادة الإنجاز الجوهري للأعمال الدائمة ، وفترة الصيانة ، والتزام المقاول بالتفتيش عن العيوب ، والتغييرات في الأعمال ، والتقصير في التقيد بالتعليمات ، والمواد المقدمة من صاحب العمل ، ورسومات الورشة ورسومات التنفيذ الفعلي ، والمصانع ، والتعويض المتوجب دفعه إلى المقاول ، والدفعات المختلف عليها ، والقبول النهائي ، واسترداد المبالغ المستحقة من المقاول ، والإنهاء بسبب تقصير المقاول ، والانهاء للملائمة ، وتقصير صاحب العمل ، والإشعارات ، وفض المنازعات .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الشروط والبنود السالفة الذكر قد تزيد أو تنقص حسب نوع وحجم الأعمال وظروف التعاقد ، كما أنها تختلف من بلد لآخر كما سبقت الإشارة اليه في أول هذا الباب .

« عقد التفاوض »

المملكة العربية السعودية

« إسم صاحب العمل »

عقد

إنشاء ....

تم إبرام هذا العقد « العقد » الذي توصل إليه الطرفان بطريق التفاوض في هذا اليوم الواقع في ....../....../ من عام ١٤ هـ الموافق ....../....../ من عام ١٩ م بين ...... وهي إحدى مؤسسات حكومة المملكة العربية السعودية ، ويشار اليها فيما بعد بـ « المالك » وبين شركة .... (إسم الشركة وعنوانها) .... وهي شركة .... تأسست بموجب قوانين .... ، ويشار اليها فيما بعد بكلمة « المقاول » .

بهذا يوافق المقاول والمالك على ما يلي :

المادة (١) : العمل المراد تنفيذه والأتعاب التابعة :

أ - سيقوم المقاول مراعاة لأحكام هذا العقد بتشييد وإنجاز وصيانة الأعمال بالمهارة والعناية اللازمتين لذلك وبالالتزام بالكامل من جميع الوجوه بأحكام هذا العقد ، بحيث تعتبر التكلفة المقدرة والموضحة أدناه كمؤشر تقريبي فقط وليست تحديداً لإجمالي تكلفة إنشاء المشروع . أي :

إسم المشروع :

وصف موجز للمشروع :

التكلفة الأساسية :

زائد مبلغ ثابت لأتعاب المقاول :

التكلفة المتوقعة لتنفيذ المشروع بما في ذلك الأتعاب :

ب - يكون مقدار المبلغ الثابت لأتعاب المقاول هو مقابل جميع ما يؤديه للمالك من خدمات في سبيل تنفيذ المشروع .

ج - يقوم المقاول بإعداد تصوّر مفصّل لحجم الأعمال وبرنامج التنفيذ المقترح . وبعد اعتماد ذلك التصور والبرنامج يصبحان جزءاً من مستندات هذا العقد .

د - يشرع المقاول مباشرة بتنظيم الكوادر الفنية اللازمة في كل من المكتب وميدان العمل بغرض البدء بتنفيذ المشروع وفق متطلبات ونصوص هذا العقد . وعلى المقاول في هذا الصدد تكريس جهوده في سبيل شراء ونقل المواد اللازمة إلى مقر المشروع والبدء في التنفيذ الفعلي للأعمال في الموقع ، وعليه التركيز على التقدم السريع وإكمال كافة الأعمال في أقرب وقت ممكن .

المادة (٢) الرسومات والمواصفات :

أ - يجب أن يكون تنفيذ وإنجاز المشروع متمشياً مع الرسومات والمواصفات التي قد يسلمها المالك للمقاول بين الحين والآخر خلال تنفيذ الأعمال التي يشملها هذا العقد .

ب - على المقاول إعداد الرسومات والمواصفات التفصيلية لتكون مكملة لتلك التي يعدها المالك ويقدمها للمقاول من أجل تحقيق برنامج تنفيذ ناجح للمشروع . ولا تعتبر تلك الرسومات والمواصفات نظامية إلا بعد موافقة المالك عليها ومن ثم تصبح ملكاً للمالك .

المادة (٣) التغييرات :

يحق للمالك ، بواسطة أمر تغيير يتم إعداده وتوقيعه وفق الصيغة الموضحة في الملحق ...... لهذا العقد ، أن يجري تغييراً في الرسومات التنفيذية المعتمدة و/أو المواصفات في حدود حجم الأعمال المطلوبة بموجب هذا العقد . كما يحق للمالك تعليق أو حذف أو إضافة أعمال أخرى إلى حجم الأعمال أو منها في حدود ما هو متفق عليه في هذا العقد . وإذا حدث تغيير أو إضافة أو حذف أو تعليق لأي جزء من الأعمال المتعاقد عليها بحيث ينتج عنه زيادة أو نقص جوهري في حجم أو نوع الأعمال المتفق على تنفيذها بموجب هذا العقد ، فإن المقاول يستحق تعويضاً عادلاً يضاف إلى قيمة أتعابه الثابتة المنصوص عليها في المادة (١) من هذا العقد . ويقوم المالك من خلال أحد ممثليه المعتمدين بتفويض المقاول كتابة بزيادة أتعابه الثابتة إلى القدر الذي يراه المالك عادلاً . وفي حالة عدم اقتناع المقاول بالتعويض المقدر

من قبل المالك فله أن يرفع دعوى ضد المالك لدى ديوان المظالم في حدود ٣٠ يوماً من تاريخ استلامه للتفويض الرسمي بتعديل أتعابه كما هو موضح أعلاه وإلا اعتبر مقتنعاً بما حدده المالك من أتعاب . ومع ذلك فلا يحق للمقاول تحت أي من هذه الحالات أن يوقف أو يعلق أو يتباطىء في تنفيذ الأعمال بسبب أمر التغيير .

المادة (٤) ممثلي المالك :

يفوض المالك بهذا ممثلاً عنه « صاحب الصلاحية » كل من السادة :

الإسم .... الوظيفة ....

الإسم .... الوظيفة ....

الإسم .... الوظيفة ....

ليكون كل واحد منهم ممثلاً للمالك كما أن لكل منهم حق اصدار التعليمات وإجازة الرسومات والمواصفات وبشكل عام التوقيع نيابة عن المالك على جميع الوثائق المتعلقة بتنفيذ هذا العقد .

المادة (٥) موظفي المقاول وطريقة التنفيذ :

أ - على المقاول تعيين مدير للمشروع أو مدير للإنشاء والذي سيكون لديه كامل الصلاحيات لاتخاذ القرارات والإجراءات والالتزامات نيابة عن المقاول .

ب - على المقاول أيضاً تعيين عدد من المهندسين المؤهلين من ذوي الخبرة حسبما تتطلبه مصلحة العمل ليعملوا تحت رئاسة مدير المشروع ويكون لكل واحد منهم صلاحيات والتزامات ومسئوليات محددة يمارسها نيابة عن المقاول وحسبما يحدده المقاول .

ج - يوافق المقاول بهذا ألا يفصل أو ينقل أو يعفي أيا من ممثليه المنصوص عليهم في هذه المادة أو أي ممثل في الموقع يشغل منصباً حساساً طوال مدة تنفيذ المشروع إلا في الحالات الاضطرارية وبعد موافقة المالك .

د - يقوم المقاول فور توقيع هذا العقد بإعداد تقرير يمثل نظام تنفيذ المشروع والتحكم فيه ، على أن يشمل هذا التقرير على جدول بياني يوضح الأطقم اللازمة لإدارة وتنفيذ المشروع وعلاقة كل منهم بالآخر وبمدير المشروع وبالاستشاري والمالك (إن وجدت) ، على أن يكون هذا الجدول البياني مصحوباً بوصف مكتوب عن واجبات ومسئوليات وصلاحيات كل فرد من أفراد الطاقم . ولا يشمل الجدول البياني الآنف الذكر صغار الموظفين مثل السكرتارية والمساعدين والفنيين الصغار والعمال ومن في حكمهم . ويقوم المقاول بإرسال تحديث لهذا التقرير والجدول البياني كلما كان هناك سبباً للتحديث .

هـ - يمكن للمالك التعاقد مع مقاول آخر أو أكثر لتأدية بعض الأعمال في الموقع كما يمكن أن يقوم المالك بواسطة موظفيه وعماله بتنفيذ بعض الأعمال في الموقع ، وعلى المقاول أن يتعاون بشكل قوي مع جميع المقاولين العاملين في الموقع ومع موظفي وعمال المالك وأن يبرمج أعماله بما يحقق هذا الهدف . وسوف لا يرتكب المقاول أو يسمح بارتكاب أي عمل من شأنه عرقلة أعمال أي مقاول آخر في الموقع أو أعمال موظفي وعمال المالك .

وتستمر بنود العقد في تحديد العلاقة التعاقدية بين المالك والمقاول بشكل متواصل فهناك ، بالإضافة إلى ما تقدم ، بنود تغطي : الخدمات والعمال ، والمصنع والآليات ، وشراء المواد ، والتراخيص ، والتعويض (ينص على دفع تكاليف البناء كاملة مضافاً اليها أتعاب المقاول الثابتة) ، وطريقة الدفع ، وضياع أو تلف الممتلكات ، والالتزام لطرف ثالث ، والضرائب ، والخسائر غير المباشرة ، والإشعارات (بالرغبة في رفع دعوى) ، ومستوى جودة المواد والمصنعية : والفحص على المواد والأعمال ، والسجلات والحسابات ، وإنهاء الأعمال ، وفض المنازعات ، والتنازل والتعاقد من الباطن ، والقوانين السارية ، ولغة العقد ، والعمل خلال الليل أو أيام الجمع أو العطل الرسمية ، ونزاهة العقد ، وحقوق الاختراع والاكتشاف ، والجمع والمفرد ، والتعاريف ، وفحص السجلات ، وتعديلات ، الخ ....

ويختم العقد على الوجه التالي :

وإثباتاً لما تقدم وقع المالك والمقاول على هذا العقد في اليوم والتاريخ السابق ذكرهما أعلاه .

إسم مدير الشركة المفوض أو رئيس مجلس الإدارة

« توقيعه مقروناً بختم الشركة »

إسم ممثل المالك المخول بالتوقيع

« توقيعه والختم الرسمي »

وهناك ثلاثة أمور هامة يجدر بالقارىء ملاحظتها وهي :

١ - عدم وجود سعر ثابت أو تكلفة ثابتة لهذا النوع من العقود ، ولذا فإنه من أهم عيوبها محاولة المقاول تخفيض مدة التنفيذ لتحرير آلياته وموظفيه وعماله ، وذلك غالباً ما يكون على حساب زيادة التكلفة الفعلية للأعمال . وقد سبقت الإشارة في باب سابق من هذا الكتاب إلى أن هناك زمناً واحداً يحقق تخفيض التكلفة إلى أدنى مستوى ممكن ، وهذا يعني أن محاولة المقاول تخفيض مدة

التنفيذ عن الحد الأدنى للتكلفة يعني ارتفاع التكلفة المباشرة للمشروع . ويلاحظ أيضاً عدم وجود مدة محددة للتنفيذ في هذا النوع من العقود . وبالرغم من أنه لا توجد ضرورة لتحديد هذه المدة طالما أن أتعاب المقاول ثابتة وبالتالي سوف يحاول من جانبه تخفيض تلك المدة ، إلا أن موضوعي عدم تحديد التكلفة الإجمالية للمشروع أو مدة تنفيذه يعتبران من السمات الخاصة التي تميز عقود التفاوض عن عقود التنافس .

٢ - يلاحظ في عقود التفاوض أن صيغة العقد وشروطه جاءت بشكل وثيقة موحدة تغطي الموضوعين معاً . وقد لاحظنا في المثال الأول كيف أن صيغة العقد تشمل بشكل جوهري عملية العرض والقبول بالإضافة إلى أهم موضوعين في العلاقة التعاقدية ، وهما سعر التكلفة الإجمالية ومدة التنفيذ . أما بقية الأمور فتعالج عن طريق وثيقة مستقلة هي شروط العقد .

٣ - اخترنا في المثال الأخير نموذجاً واحداً من نماذج عقود التفاوض التي سبق ذكرها في هذا الباب وهو عقد التكلفة مضافاً اليها مبلغ مقطوع مقابل التعويضات ، ويمكن تعديل الصيغة ذاتها لكي تلائم النماذج الأخرى ، مثل عقد التكلفة مضافاً اليها نسبة مئوية من التكلفة ، أو غيره من النماذج ، وذلك بتعديل نص المادة الأولى من العقد لتعكس هذا الاتجاه . ولابد في تلك الحالة من صياغة شروط أخرى خاصة في إطار شروط العقد لتحقيق إيضاح العلاقة التعاقدية وتحفظ حقوق الطرفين . ولابد أن القارىء قد استنتج من فحوى المثالين السابقين أن عقود التفاوض لها ميزة هامة جداً ، هي إمكانية توقيع العقد قبل الانتهاء من مراحل التصميم ، وفي هذا توفيراً كبيراً للوقت . إلا أن مثل هذا النوع من العقود له مساوئه أيضاً . ومن أهم هذه المساوىء إمكانية ارتفاع التكاليف لعدم وجود التنافس من جهة ، ولعدم اكتراث المقاول أو تأثره بارتفاع تكلفة المشروع من جهة أخرى ، بل على العكس يتيح له بعض نماذج هذا النوع من العقود زيادة أرباحه بمجرد ارتفاع تكلفة المشروع وبالتالي فليس لدى المقاول حافز واحد يدفعه إلى الاقتصاد في النفقة .

٨ - ١٠ التعاقد من الباطن

يحكم التعاقد من الباطن العلاقة بين المقاول الرئيسي ومقاول فرعي أو ثانوي يقوم بناءاً على اتفاقه مع المقاول الرئيسي على تنفيذ جزء من الأعمال . وغالباً ما تكون تلك الأعمال ذات صبغة متخصصة مثل الأعمال الكهربائية والميكانيكية . وتكون عقود الباطن في معظم الأحيان من نوع

العقود التنافسية بصرف النظر عن نوع العقد الرئيسي . ويمكن أن تعد عقود الباطن بطريقة عقد المبلغ المقطوع أو عقد وحدة الأسعار أو كليهما كما هي الحال في العقود الرئيسية . ولا تعتبر عقود الباطن نظامية حتى يوافق عليها الاستشاري والمالك . وعندما يكون العقد الرئيسي من عقود التفاوض تصبح تكلفة عقد الباطن هي عبارة عن تكاليف قابلة للاسترداد ، ولذا فإنه يجب ملاحظة أقيامها وشروطها بصورة دقيقة وعليه لا يجوز أن يكون عقد الباطن بطريق التفاوض ، ولابد عندئذ من التنافس . وفي معظم الأحيان تطلب ثلاثة عروض ، ويتم اختيار أنسبها وذلك للتأكد من عدالة الأسعار .

وفي المشاريع الهندسية الكبيرة حيث يوجد عدد من المقاولين من الباطن ، يكون المقاول الرئيسي مسئولاً (بالإضافة إلى الأعمال التي ينفذها بنفسه) عن إدارة المشروع وبرمجته والتنسيق بين موظفيه وعماله وبين كل مقاول من مقاولي الباطن .

وتتم صياغة عقد الباطن عادة بطريقة تماثل العقد الرئيسي بين المالك والمقاول . فيجب أن يصف العقد من الباطن حجم الأعمال المتعاقد عليها وصفاً دقيقاً ، وكذا التعويضات التي سوف يحصل عليها مقاول الباطن من المقاول الرئيسي مقابل خدماته ، وأيضاً المدة التي يجب أن تنفذ خلالها هذه الأعمال . وبالإضافة إلى ذلك تحدد شروط العقد من الباطن مسئولية المقاول من الباطن عند تنفيذ بنود العقد الرئيسي والرسومات والمواصفات في حدود الأعمال التي تعاقد على تنفيذها من الباطن . ويجب أن تنص شروط عقد الباطن على أنه في حالة التعارض بين العقد الرئيسي وبين عقد الباطن فإن العبرة تكون بالعقد الرئيسي ، ويجب أن تلتزم الأطراف المعنية بذلك . وينص عادة العقد الرئيسي بين المالك والمقاول على حق المالك في قبول أو رفض أي عقد من الباطن .

وفيما يختص بالكمّ والكيف في الأعمال المنفذة في الموقع فليس من واجبات المالك متابعة مقاولي الباطن ، ولكنه يجب أن يتابع المقاول الرئيسي للتأكد من أن مقاوليه من الباطن يؤدون عملهم بطريقة تتفق مع شروط العقد الرئيسي ومواصفاته .

وهناك حقوق نظامية لمقاولي الباطن ضد صاحب العمل . كما في حالة فشل المقاول الرئيسي في دفع مبالغ مستحقة لأحد مقاولي الباطن . في تلك الحالة يحق لمقاول الباطن الحجز على الأعمال التي نفذها حتى تدفع له أتعابه . وخير وسيلة لحماية المالك من حدوث ذلك هي إصراره على أن يقدم المقاول الرئيسي ضماناً بنكياً يتعهد بموجبه بدفع قيم المواد وأجور العمال وبقية التكاليف بما في ذلك دفع أتعاب مقاولي الباطن . ويفضل أيضاً أن يحصل المالك من المقاول الرئيسي على إخلاء طرف من جميع مقاولي الباطن الذين قاموا بالمشاركة في تنفيذ المشروع ضد أية مطالبات أو حجوزات أو رهن أو خلافه وذلك قبل تسوية حساب المقاول الرئيسي وتسديد الدفعة الأخيرة له .

وفيما يلي نورد مثالاً لعقد من الباطن بمبلغ مقطوع :

لتنفيذ ....

تم إبرام هذا العقد « العقد من الباطن » في هذا اليوم الواقع في ..../..../ من عام ١٤ هـ الموافق ..../..../ من عام ١٩ م بين .... ويشار اليها فيما بعد بـ « المقاول من الباطن » وبين .... ويشار اليها فيما بعد بـ « المقاول » . للاعتبارات الواردة فيما بعد يتفق الطرفان بهذا على ما يلي :

مادة (١) :

يوافق المقاول من الباطن على توفير جميع المواد والموظفين والعمال ويقوم بتنفيذ وإنجاز وصيانة جميع الأعمال كما هي موضحة في البند الثاني من هذا العقد من الباطن لمشروع .... ملك .... ويشار اليه فيما بعد بـ « المالك » والواقعة في مدينة .... بالمملكة العربية السعودية . بما يتفق والشروط العامة والخاصة للعقد بين المالك والمقاول ووفق الرسومات والمواصفات المعدة من قبل السادة .... ويرمز اليهم فيما بعد بكلمة « الاستشاري » . وتشكل شروط العقد والرسومات والمواصفات وبقية وثائق العقد الموقع بين المالك والمقاول بتاريخ ..../..../ ١٤ هـ ، الموافق ..../..../ من عام ١٩ م جزءاً من هذا العقد .

المادة (٢) :

يوافق المقاول والمقاول من الباطن بهذا على أن المواد والأيدي العاملة والأعمال الواجب تنفيذها بواسطة مقاول الباطن هي .... (يسرد هنا وصفاً تفصيلياً للأعمال المتعاقد عليها) ....

المادة (٣) :

يوافق المقاول من الباطن بهذا على إنهاء أجزاء وكل الأعمال الوارد وصفها في المادة (٢) أعلاه في مدة غايتها (........) شهراً من تاريخ توقيع هذه الاتفاقية وفي حالة فشل المقاول من الباطن في الوفاء بالتزاماته هذه فإنه يتوجب عليه دفع غرامة تأخير وفق ما يلي : ....

المادة (٤) :

يوافق المقاول بهذا على دفع مبلغ قدره .... ريال سعودي للمقاول من الباطن نظير قيامه بتنفيذ الأعمال المتعاقد عليها . وباستثناء الزيادات أو النقص الناتجة عن أوامر التغيير التي تصبح نافذة وفقاً لشروط العقد ، لا يخضع سعر العقد المحدد في هذه المادة للزيادة لأي سبب كان .

المادة (٥) :

يوافق المقاول والمقاول من الباطن بهذا على التزامهم بالاتفاقية وبالعقد وشروطه

وبالرسومات والمواصفات في حدود ما يخص حجم الأعمال التي يغطيها هذا العقد من الباطن ، كما يلتزمان بما يلي :

يوافق المقاول من الباطن بهذا على :

« تسرد هنا التزامات المقاول من الباطن »

يوافق المقاول بهذا على :

« تسرد هنا واجبات والتزامات المقاول »

يوافق المقاول والمقاول من الباطن بهذا على :

أنه في حالة حدوث نزاع بينهما فإن ذلك يحل بواسطة التحكيم بما يتمشى مع العقد ووفق الطريقة التالية .... بشرط ألا يؤثر ذلك على حقوق المالك بأي شكل من الأشكال . ولا يشكل أي مما ورد في هذه المادة أي التزام من جانب المالك بالدفع بطريقة مباشرة أو غير مباشرة إلى أي مقاول من الباطن .

المـادة (٦) :

يخضع هذا العقد من الباطن ويفسر حسب القوانين والأنظمة السارية المفعول في المملكة العربية السعودية وتلك التي تصبح سارية بين الحين والآخر .

وإثباتاً لما تقدم وقّع المقاول والمقاول من الباطن على هذا العقد من الباطن في اليوم والتاريخ السابق ذكرهما أعلاه .

إسم المقاول « مدير الشركة أو رئيس مجلس الإدارة »

« التوقيع وختم الشركة »

إسم المقاول من الباطن « مدير الشركة أو المفوض بالتوقيع »

« التوقيع وختم الشركة »

وبعد إتمام التوقيع على عقد الباطن ترسل منه نسخة إلى الاستشاري وأخرى إلى المالك . وكما أسلفنا لا يصبح العقد من الباطن نظامياً قابلاً للتنفيذ مالم يوافق عليه المالك كتابة . وكثيراً ما تكون هناك اعتراضات أو تحفظات من قبل المالك على عقد الباطن ، وعندئذ لابد من تعديل عقد الباطن ليتمشى مع ما يضمن حق المالك ولا يتعارض مع العقد الرئيسي .

٨ - ١١ الوثائق المكونة للعقد

تختلف الوثائق المكونة لأي عقد هندسي كما وكيفا من مشروع لآخر تبعاً لعدة عوامل . فعقود التنافس تختلف عن عقود التفاوض من حيث نوع وحجم الوثائق المكونة للعقد في كل منهما . كما أنه يوجد اختلاف بين نوع وطريقة إعداد وثائق عقد بمبلغ مقطوع عن آخر مبني على سعر الوحدات . كما تختلف وثائق العقد تبعاً لحجم المشروع . فكلما صغر حجم المشروع كلما كان نوع العلاقة بين المالك والمقاول أسهل تحديداً وأقل تعقيداً . والعكس صحيح . وهناك وجه آخر من وجوه الاختلاف وهو نوع المشروع المراد تنفيذه . فمع كل أوجه التشابه الموجودة بين عقدين كل منهما بمبلغ مقطوع أحدهما لتوريد وتركيب محطة حرارية لتوليد الطاقة الكهربائية والآخر لبناء طريق سريع يربط بين مدينتين ، فإن هناك أوجه كثيرة للاختلاف بينهما من حيث الحجم والصيغة التعاقدية .

والغرض الأساسي من وجود وثائق العقد بشكل عام هو تحديد العلاقة بين الطرفين أو الأطراف المتعاقدة بصورة دقيقة تحدد حقوق وواجبات كل طرف منهما بموجب العقد . وبشكل عام لابد من وجود الوثائق التالية في عقود التنافس :

١ - خطاب الدعوة : وهي رسالة موجهة من صاحب العمل تصف العمل المراد إنشاؤه بشكل مختصر وتدعو المقاول الموجهة اليه الدعوة لتقديم عطاءه لتنفيذ المشروع .

٢ - تعليمات إلى المقاولين : وهذه تعطي معلومات أكثر تفصيلاً إلى المقاولين بغرض تمكينهم من تقديم عطاءاتهم على أسس سليمة بناءاً على الفهم الكامل لما سوف يناط اليهم من أعمال .

٣ - العرض أو صيغة المناقصة : وتحدد هذه الوثيقة رغبة المقاول واستعداده لتنفيذ المشروع بسعر معين وفي وقت محدد ويوقع عليها المقاول وتختم بختمه الرسمي والغرض من هذه الوثيقة توحيد صيغ العروض .

٤ - الاتفاقية : وهذه وثيقة قانونية (تسمى أحياناً صيغة العقد) تلزم كلا من المالك والمقاول بالتزامات معينة . وتحدد عادة نوع الالتزام وقيمة العقد وزمن تنفيذه بالاضافة إلى عدد آخر من البنود الهامة .

٥ - شروط العقد : وهذه يمكن تقسيمها إلى شروط عامة وشروط خاصة . والنوع الأول يكون قياسياً في العادة . أما النوع الثاني فيعد خصيصاً للمشروع تحت الدراسة . ويتم أحياناً دمج الشروط العامة والخاصة في وثيقة واحدة تسمى شروط العقد . وتحكم هذه الشروط العلاقة القانونية والفنية والمالية بين الطرفين أو الأطراف المتعاقدة وفق ما سبق إيضاحه في الفصل ٨ - ٩ من هذا الباب .

٦ - الجداول الملحقة بشروط العقد : وهذه في الغالب تصف بعض الصيغ التي يتم بموجبها تقديم طلب ما أو إرسال إشعار من طرف إلى اخر وكذا صيغة القبول أو الرفض . وذلك لتوحيد مثل هذه الإجراءات .

٧ - المواصفات : وهذه الوثيقة تصف الجانب الهندسي أو الفني من المشروع وكيفية تنفيذه .

٨ - الرسومات : وتصف الرسومات الأبعاد الحقيقية والأشكال الهندسية والطريقة الفنية التي سيقام بموجبها المشروع .

٩ - جدول الكميات : ويسرد في هذه الوثيقة جميع أنواع المواد أو الوحدات القياسية لكل جزء من أجزاء المشروع وتسعيرة كل منها بالوحدة أو حسب القياس الطولي أو المربع أو المكعب الخ . ويعتبر جدول الكميات من أهم وثائق العقد في حالة عقد وحدة السعر . أما في عقد المبلغ المقطوع فإن أهميته (إن وجد) تنحصر في تسهيل عملية تسعير العملية لأن السعر الإجمالي هو الأساس في هذا النوع من العقود .

١٠- جدول وحدات الأسعار : وهذا الجدول مشابه لجدول الكميات إلا أنه يختلف عنه في مضمونه وطريقة الوصول إلى تعبئته والغرض منه . فجدول وحدات الأسعار هو جدول يستعمل عادة في عقود السعر المقطوع ويحتوي على قائمة بجميع أنواع الوحدات أو الآليات الداخلة في تركيب المشروع . ويقوم المقاول والمالك بالتفاوض على تسعيرة . والغرض الأساسي منه هو استخدامه في تقدير قيمة أوامر التغيير ، وخاصة في المشاريع الكبيرة .

١١- تقرير عن حالة التربة: ويتم إعداد هذا التقرير (أو جزءاً منه) عادة بواسطة شركة متخصصة في شئون التربة والجيوتكنولوجيا . ويعطي هذا التقرير وصفاً لنوع التربة في موقع العمل وقوة احتمالها وغير ذلك من المعلومات الهامة عنها .

١٢- الملاحق والإضافات : كثيراً ما يحتاج الأمر إلى تغيير بعض المعطيات أو إصدار توضيح أو تفسير للوثائق التي تم تسليمها للمقاولين قبل موعد تقديم العطاءات ، وعندئذ تصدر تلك التوضيحات أو التعليمات أو التفسيرات أو التعديلات في ملاحق تعتبر جزءاً من وثائق العقد .

وبالإضافة إلى ما تقدم يمكن اعتبار بعض الوثائق الأخرى التي تسلم من طرف إلى آخر مثل خطابات الضمان وبعض الأوامر الميدانية وأوامر التغييرات ، وما شابهها جزءاً من وثائق العقد . وفي نفس الوقت يمكن اعتبار الوثائق التي سبق ذكرها في البنود ١ ، ٢ ، ٣ أعلاه وثائق سابقة للعقد وبالتالي يرجع اليها في نصوص العقد وشروطه بالإشارة فقط . وكما أسلفنا من قبل فإن هذه الوثائق قد تختلف من حيث عددها ومحتواها وحجمها من مشروع لآخر .

٨ - ١٢ مفاوضات ترسية العقد

عندما يكون وصف المشروع المراد إنشاءه كاملاً وواضحاً لا يقبل اللبس أو التفسيرات المختلفة يصبح احتمال الاختلاف بين المقاولين ضئيلاً ، ومن ثم تسهل عملية المقارنة بين مختلف العروض وتقويمها . وكلما كان هناك مجال للشك والتفسيرات المختلفة أو عندما يطلب من المقاول أن يتحمل مسئولية قد تكون أولاً تكون فإنه سيضيف إلى قيمة عقده ما يغطي مثل هذه المخاطر في حالة

حدوثها ، مهما كان احتمال ذلك ضئيلاً . وهناك أسباب أخرى غير وضوح وثائق العقد يمكن أن تؤثر على الاحتياطي أو المعامل « Contingency or Mark Up » مثل الأوضاع الاقتصادية في البلاد ، ووفرة المواد والأيدي العاملة من عدمها ، ونسبة التضخم ، ومدى الاستقرار السياسي في البلاد وكذا بعض الأسباب المناخية والبيئية . ويتبع المقاولون عادة أساليب مختلفة لرفع احتمال وقوع الخطر وأعبائه على كواهلهم فيضيف بعضهم إلى قيمة العقد ما يعتقد أنه سيغطي الخسارة الناجمة عن الخطر في حال وقوعه . ومنهم (وهؤلاء الأكثر دهاءاً ومكراً) من لا يضيف تلك المبالغ ، وذلك حتى يبدو عرضه مغرياً إذا قورن بغيره من العروض . ولكنه يحتاط لنفسه بوضع شروط محددة مصاحبة لعرضه تسمى في لغة المهنة « تحفظات المقاولين » . ويجد المالك عندئذ نفسه مضطراً إلى التفاوض مع عدد من المقاولين . وقلما يخلو عرض من تحفظات معينة . ونتيجة لذلك يصعب تقويم العروض تقويماً دقيقاً . وهكذا يجد المالك أمامه خياراً واحداً هو التفاوض مع عدد من المقاولين الذين تبدوا عروضهم أنسب العروض لتحديد العطاء الأفضل . وقد تطول تلك المفاوضات وتزداد تعقيداً . وعلى أية حال فهي تحتاج إلى قدر ليس بالقليل من المهارة الفنية والذكاء الفطري والخبرة في إدارة المشاريع الهندسية وتمويلها . ويمكن أن تتم هذه المفاوضات على مرحلتين أحدهما ما يسميه المهندسون « محادثات جس النبض » وقد تشمل هذه المرحلة معظم المتقدمين من ذوي التحفظات . أما المرحلة الثانية فتجري عادة مع اثنين أو ثلاثة مقاولين ممن تبدوا عروضهم معقولة . وأخيراً تتم الاجتماعات الختامية بين « المقاول المرشح » والمالك لتوضيح بعض النقاط الثانوية المتبقية .

ويعتمد المقاولون عادة في تقديم عروضهم على مبادىء تسمى « استراتيجية إعداد العطاءات » . ويؤثر عدد المقاولين المنافسين (المحتمل) ، بالإضافة إلى سمعة الاستشاري والمالك في تلك الاستراتيجية . وتبنى تلك الاستراتيجية على نظرية الاحتمال . فإذا كانت قيمة العطاء = ب وتكلفة المشروع = ج فإن الربح الذي يمكن تحقيقه هو ب - ج . وإذا كان احتمال كون المقاول هو أقل العطاءات = ح فإن معدل الربح المتوقع في كل عطاء يقدم = ح (ب - ج). ويمكن توضيح ما سبق شرحه من خلال المثال التالي.

نفرض أن تكلفة المشروع ج = ١,٠٠٠,٠٠٠ ريال فإذا تمكن المقاول الذي نحن بصدده من معرفة أن عطاءاً ما قيمته ١,٤٠٠,٠٠٠ ريال سعودي له احتمال قدره ٠,٣٥ في الفوز ، وأن عطاءاً قيمته ١,٢٠٠,٠٠٠ ريال له احتمال قدره ٠,٧٥ فإنه يمكن معرفة أي العطائين أكثر ربحاً متوقعاً في المعدل كما يلي :

عندما تكون قيمة العطاء (١,٤٠٠,٠٠٠ ريال)

الربح المتوقع = (١٤٠٠,٠٠٠ - ١,٠٠٠,٠٠٠) ٠,٣٥ = ١٤٠,٠٠٠ ريال

وعندما تكون قيمة العطاء (١,٢٠٠,٠٠٠ ريال)

الربح المتوقع = (١,٢٠٠,٠٠٠ - ١,٠٠٠,٠٠٠) × ٠,٧٥ = ٢٠٠,٠٠٠ × ٠,٧٥ = ١٥٠,٠٠٠ ريال وهذا يعني أن تقديم عطاء قيمته ١,٢٠٠,٠٠٠ ريال أفضل من العرض الآخر لأنه يعطي قيمة أعلى من الربح المتوقع وذلك في المعدل . وكلما تمكن المالك من معرفة أو توقع

استراتيجية المقاول في تقديم عرضه كلما كان قادراً على التفاوض معه من موقف أفضل ، وعندئذ سوف ينجح في الحصول على عقد أكثر عدالة .

الباب التاسع

الأنظمة واللوائح الخاصة بالمهندسين والمقاولين في المملكة العربية السعودية

٩ - ١ مقدمة عامة

تعتبر مهنة الهندسة إحدى أهم المهن الحرة التي لم يكن للعالم أن يصل إلى ماوصل إليه من حضارة وتقدم في مجالات حياته المختلفة بدونها . ويمكن للمرء أن يتصور تلك الأهمية البالغة بمجرد النظر من حوله يمنة ويسرة وإلى الأمام والخلف ، فكل شيء حوله من صنع العقول الهندسية . ولو توقف المهندسون عن العمل يوماً لتوقف العالم كله عن الحركة والحياة في ذلك اليوم . ومع أهمية دور المهندسين في حياتنا كلها تتناسب أهمية وجود نظام يسير تلك المهنة ويسيطر على مجريات أمورها ويتحكم في مستواها الفني والخلقي والإداري . ووجود مثل ذلك النظام يوفر الحماية للمهنة وللمنتمين إليها ، بل والحماية للجميع من أدعياء الهندسة . فعندما نتحدث عن الهندسة فنحن نتحدث عن ضمان سلامة الأرواح وسلامة الممتلكات في نفس الوقت . وبالتالي فلابد من وجود نظام ناجح للتحكم في تلك المهنة ، ومنح الترخيص لمن تثبت كفاءتهم لممارسة تلك المهنة .

وقد يتساءل المرء : كيف يمكن أن نقوم بوضع نظام للتحكم واختبار المهندسين والترخيص لهم دون أن نتسبب في إحراج البعض ؟ والجواب على هذا السؤال ليس بالأمر اليسير . ولكننا أمام خيارين لا ثالث لهما : إما أن نضحّي برضا البعض منا ونحكّم العقل والمصلحة العامة وعند ذلك يسهل إيجاد النظام وتطبيقه وإما الفوضى ، بل المخاطرة بأرواح وأموال الأبرياء . وإذا كانت بلدان العالم الأخرى قد تمكنت من تذليل تلك الصعاب ونجحت في وضع نظام للتحكم والترخيص فيها ، فما شأننا نحن ؟ ولماذا لا نستطيع أن نعمل كما عملوا ؟

ورغبة من المؤلفين في المساهمة في حل هذه المشكلة التي يعتبرانها ذات أهمية قصوى ، فقد رأينا مناقشة هذا الموضوع بشيء من الإطناب ، ومقارنة الأنظمة السائدة في بعض بلدان العالم مع مثيلاتها في المملكة العربية السعودية ، والتي تحكم مهنة الهندسة وأصول ممارسة المهندسين لمهنتهم .

وسوف لن نتطرق في نقاشنا هذا إلى جانب التأهيل الأكاديمي للمهندسين وما يجب أن يكون

عليه ، فذاك أمر لا يمكن نقاشه لسببين ، أولهما أنه سوف يخرجنا عن الموضوع الذي نحن بصدده . وثانيهما أنه موضوع طويل وحساس وقد سبق طرقه من قبل الكثيرين .

كما أننا لن نتطرق أيضا إلى دستور أخلاق المهنة « Professional code of Ethics » واختلاف نظرة الهيئات والأفراد إليه في مختلف بلدان العالم .

وبناءاً على ما تقدم فإن اهتمامنا سوف ينصب على طرق قياس قدرات المهندسين بمختلف تخصصاتهم ، والترخيص لمن تنطبق عليهم شروط معينة ، تختلف من بلد لآخر ، وحسب ظروف ذلك البلد .

أما الجزء الأخير من هذا الباب فقد خصص للجانب التنفيذي ممثلاً في مشاكل التشييد والمقاولين والأنظمة الخاصة بتنظيم نشاطهم في المملكة العربية السعودية . كما أننا سوف نحاول أيضا التطرق إلى نظام تصنيف المقاولين إلى فئات ودرجات مختلفة بالإضافة إلى معالجة سلبيات وإيجابيات هذا النظام .

٩ - ٢ الأنظمة الدولية السائدة للترخيص للمهندسين بمزاولة مهنتهم

تختلف أنظمة الترخيص للمهندسين بمزاولة مهنتهم من بلد لآخر حسب ظروف البلد ونظامه الاقتصادي والاجتماعي والسياسي . ولكن مهما يكن من أمر ، فإنه توجد أنظمة في معظم بلدان العالم المتحضر يتم بموجبها قياس قدرة الأفراد الذين يحملون مؤهلات جامعية في مستوى البكالوريوس في الهندسة على الأقل ، ومن ثم الترخيص لهم كأفراد بممارسة تلك المهنة . ففي الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً توجد هيئة مختصة مرتبطة بحاكم كل ولاية تهتم بالإشراف على عملية الترخيص للمهندسين وإجراء الامتحانات التحريرية والشفوية لهم للتأكد من قدرتهم النظرية والعملية على مزاولة هذه المهنة . وتعقد الامتحانات على مرحلتين . ويعقد امتحان المرحلة الأولى فور حصول المرشح على درجة البكالوريوس في الهندسة وتكون مدة الامتحان ثمان ساعات على الأقل يجيب المرشح خلالها على مئات الأسئلة التي تغطي معظم مواد دراسته أثناء المرحلة الجامعية . وفي حالة نجاحه في امتحانات المرحلة الأولى فإنه يقوم بمزاولة مهنة الهندسة لمدة لا تقل عن خمس سنوات في ميدان تخصصه قبل أن يتمكن من دخول امتحان المرحلة الثانية . ويعقد هذا الامتحان عادة على فترتين طول كل منهما أربع ساعات على الأقل ، الأولى تحريرية والأخرى شفوية . ويعتبر امتحان المرحلة الثانية هذا أكثر تركيزاً على التخصص الدقيق الذي يزاول المهندس فيه مهنته . فإذا كان يعمل كمهندس طرق مثلاً كان التركيز على هندسة النقل بصورة عامة ، وعلى تصميم الطرق وهندسة المرور وما إلى ذلك . وعندما يجتاز المرشح امتحان المرحلة الثانية بنجاح يمنح ترخيصاً بمزاولة مهنته ، مدته عام قابلة للتجديد بعد دفع الرسوم السنوية وتقديم تقرير عن أعماله ونشاطاته خلال العام المنصرم . وهكذا فإن المهندس يخضع لعملية متابعة مستمرة للتأكد من أنه يزاول مهنته بصورة نشطة . ومن الجدير بالذكر أن الترخيص

يصدر باسم الفرد ، كما أسلفنا ، لمزاولة مهنته ، وإذا أراد هذا الفرد أن يفتح مكتباً خاصاً به فإنه يلزمه التقدم للحصول على الترخيص اللازم بعد الوفاء بالمتطلبات الخاصة للحصول على مثل ذلك الترخيص .

ويمكن للمهندس المرخص له في إحدى الولايات الأمريكية أن يزاول مهنته في ولاية أخرى بعد التقدم بطلب إلى هيئة الترخيص في الولاية الجديدة ، يرفق به صورة من ترخيصه ، ويدفع عنه الرسوم اللازمة . وتوجد بعض الاستثناءات القليلة لتلك القاعدة .

وهناك أنظمة مماثلة للترخيص للمهندسين لمزاولة مهنتهم في كل من كندا وبريطانيا وفرنسا واليابان وغيرها من دول العالم . ولكن تختلف هذه الأنظمة من بلد لآخر كما أسلفنا . وأيضاً تختلف طريقة قياس قدرات ومهارات المهندسين وكفاءاتهم من بلد لآخر . فبعضها يعتمد على تقديرات شخص أو أشخاص قاموا بالعمل مع المرشح وعرفوه من خلال ممارسته الفعلية لمهنته خلال فترة تدريب محددة . كما أن بعضها الآخر يتطلب إثباتاً وثائقياً بأن الشخص المعني قد قام بأعمال للتصميم والإشراف وغيرها مما يمارسه المهندسون من أعمال ، تحت إشراف مهندس مرخص ، وبدون أن يقع في أية أخطاء جوهرية، إلى غير ذلك من القواعد والأنظمة المختلفة . وتختلف أيضاً المدد الزمنية التي يجب أن يقضيها المرشح في التدريب بعد حصوله على درجة الباكالوريوس قبل أن يكون بوسعه التقدم للحصول على الترخيص ليكون « مهندساً محترفاً » « Professional Engineer » . ويجب أن نتذكر دائماً أن هذا الترخيص هو للفرد نفسه وليس لشركة أو هيئة أو مكتب هندسي يمتلكه ذلك الفرد . فإذا أراد المهندس المرخص له رسمياً بإقامة شركة أو مؤسسة فنية فعلية ، كما أسلفنا ، فعليه أن يتبع الخطوات اللازمة لذلك ويحصل على التراخيص والوثائق اللازمة لمثل هذه الغاية .

٩ - ٣ طريقة الترخيص للمهندسين في المملكة

لقد أسندت مهمة تنظيم وإصدار رخص مزاولة المهن الحرة مثل المحاماة والهندسة وأعمال المحاسبة في المملكة العربية السعودية إلى وزارة التجارة بموجب قرار مجلس الوزراء رقم ٦٦ في ١٣٧٤/٤/٦هـ .

وفي سبيل ممارسة صلاحيتها قامت وزارة التجارة بإصدار عدد من القرارات التي تحدد الخطوط العريضة لإصدار التراخيص للمهندسين بصورة مؤقتة ولحين صدور نظام متكامل ومحدد ، يحكم وينظم هذه العملية .

وتتلخص الطريقة السائدة في أن يتقدم المهندس الذي يرغب في الترخيص لفتح مكتب هندسي أو مكتب استشاري بطلب إلى وزارة التجارة . وتختلف المتطلبات الواجب توفرها لفتح أحد هذين النوعين من المكاتب ، وسوف نورد ذلك بالتفاصيل في الفصل التالي من هذا الباب . وعلى المتقدم أن يرفق بطلبه الوثائق اللازمة لدعم انطباق الشروط الأكاديمية وغير الأكاديمية عليه . وتقوم وزارة التجارة بفحص تلك الوثائق والتأكد من شرعيتها ومستواها . وفي سبيل

تقويمها لتلك الوثائق تقوم الوزارة عادة بالاستعانة ببعض الجهات ذات الاختصاص لمساعدتها في الحكم على تلك الوثائق . فمثلاً يمكن أن تقوم وزارة التعليم العالي بتقويم الشهادات الجامعية الصادرة من جامعات أو معاهد غير معروفة لدى وزارة التجارة . كما يمكن الاستعانة أحياناً بوزارة الأشغال والإسكان في تحديد الأمور المتعلقة بالخبرة العملية . وبعد انتهاء عملية الدراسة والمراجعة والتأكد من انطباق الشروط على المرشح يصدر التصريح له بفتح :

أ - مكتب هندسي ، أو

ب - مكتب استشاري .

ولابد أن يلاحظ القارىء عدداً من الفروق بين الطريقة القائمة للترخيص للمهندسين في المملكة العربية السعودية ومثيلاتها في دول أوربا والولايات المتحدة وكندا واليابان . ومن أهم تلك الفروق :

١ - أن الترخيص في المملكة ، بعكس النظم السائدة في الخارج ، يجب أن يصدر لفتح مكتب أو هيئة ما . وبالتالي فلا يمكن (حتى الآن) أن يصدر ترخيص لمهندس بممارسة مهنته دون أن يكون له مكتب هندسي أو استشاري أو أن يكون شريكاً في أحدهما .

٢ - أن عملية تقويم قدرات المرشح وأهليته للترخيص في المملكة لا تعدو فحص الوثائق والتأكد من سلامتها وقانونيتها وكذا تطبيق عدد محدد من الشروط على المرشح . أي أن المرشح نفسه لا يخضع لأي نوع من الفحص أو الاختبار .

٣ - لا يوجد حتى الآن نظام حقيقي للمتابعة ، بعكس ماهو موجود في الدول السالفة الذكر . كما أن الترخيص يكون دائماً طالما أنه لم يسحب بسبب طلب صاحبه أو مخالفته للأنظمة في المملكة العربية السعودية ، بينما يعطى الترخيص في دول أوربا وأمريكا الشمالية لمدة عام واحد قابلة للتجديد كما أسلفنا .

ولا يعني حصول المرشح على ترخيص من وزارة التجارة ، أحقيته في مزاولة مهنته مباشرة ، بل عليه أن يتقدم بطلب جديد إلى بلدية المدينة التي يرغب مزاولة مهنته فيها ويقدم لها أيضاً وثائق أكاديمية وغير أكاديمية بالإضافة إلى الترخيص الذي حصل عليه من وزارة التجارة والذي ينص أنه سيمارس مهنته بذات المدينة .

وتقوم بلدية المدينة بإصدار تصريح جديد من قبلها يخول المرشح هذه المرة الصلاحية لفتح مكتبه (الاستشاري أو الهندسي) وممارسة مهنته من خلاله .

٩ - ٤ نبذة تاريخية عن قرارات تنظيم عملية الترخيص للمهندسين

صدر قرار مجلس الوزراء في المملكة العربية السعودية رقم ٦٦ في ١٣٧٤/٤/٦ هـ ليخول وزارة التجارة حق إصدار رخص مزاولة المهن الحرة ووضع النظم واللوائح اللازمة لذلك وتطبيقها . وقد شكلت لجنة بوزارة التجارة مهمتها وضع الخطوط العريضة لأسس ممارسة مهنة الهندسة ووضع

الشروط اللازم توفرها في طالبي التراخيص لفتح مكاتب هندسية . وقد قدمت اللجنة المذكورة توصياتها لوزير التجارة بتاريخ ١٣٨٨/٤/١٣ هـ . وتتلخص تلك التوصيات فيما يلي :

(١) يجب أن يقدم طالب الترخيص الموظف لدى الحكومة تصريحاً «كتابياً» من السلطة التي تملك حق تعيينه بمنحه الحق في مزاولة مهنته خارج أوقات دوامها الرسمي ، وذلك عملاً بنص المادة ١٧ من نظام الموظفين القائم في ذلك الحين .

أما بالنسبة لطالب الترخيص الموظف لدى جهة غير حكومية فيجب أن يقدم أيضا تصريحاً كتابياً من الجهة التي يعمل لديها بمنحه الحق في مزاولة مهنته خارج أوقات دوامها ، لاحتمال أن يكون النظام الأساسي لتلك الجهة يحظر عليه العمل في مكتب خاص به ، خارج أوقات دوامها لنفس السبب الموضح في المادة ١٧من نظام الموظفين العام المشار إليه .

(٢) يجب أن يقدم طالب الترخيص غير السعودي ، شهادة قيد له في الهيئة المشرفة على المهنة في البلد الذى ينتمي إليه ، تثبت عضويته وتاريخها وعدم شطبها حتى تاريخ تقديم طلبه .

(٣) يجب على من يرخص له بمزاولة المهنة أن يبلغ المكتب المختص بالوزارة بعنوان مكتبه الذي سيزاول فيه العمل في المملكة خلال شهرين من تاريخ منحه الترخيص . فإن لم يتقدم بذلك خلال المدة المذكورة ينذر بإلغاء الترخيص الممنوح له ، وإن لم يتجاوب مع الوزارة ولم يوافيها بالعنوان وبما يفيد مزاولته للعمل خلال شهرين آخرين يطلب إحضاره بواسطة الجهات التنفيذية للتحقيق معه ومعرفة أسباب تخلفه عن موافاة المكتب المختص بعنوان مكتبه ، للبت في أمر الترخيص الممنوح له .

كما يجب على كل مرخص له بمزاولة المهنة أن يوافي المكتب المختص بكل تغيير يطرأ على عنوان مكتبه في المستقبل خلال شهر من تاريخ حدوثه ،

(٤) يجب على المرخص له بمزاولة المهنة أن يضع لوحة على باب أو شرفة مكتبه وأن ينظم مطبوعات خاصة به على أن يبين في اللوحة وفي جميع الأوراق والمطبوعات والعقود التى تصدر عن مكتبه «إسمه» ومهنته ورقم الترخيص الخاص به ، ويحق له بالإضافة إلى ذلك أن يبين اختصاصه ودرجاته العلمية وإسم المعهد الذي تخرج منه .

(٥) لا يجوز لمن فتح مكتباً لمزاولة مهنة المحاماة والاستشارات القانونية أو لمزاولة مهنة المحاسبة والمراجعة أو الاستشارات الهندسية أن يزاول الأعمال التجارية أو أي عمل آخر يخل بكرامة مهنته .

(٦) يجوز لاثنين أو أكثر من المرخص لهم بمزاولة المهنة «حسب نوعها» أن يشتركا في العمل في مكتب واحد على أن يقوموا بإشعار الوزارة بذلك . ويعتبران في هذه الحالة مسئولين معاً عن الأعمال الصادرة عن هذا المكتب .

(٧) إعطاء إدارة الشركات والسجل « وهي الجهة المختصة بدراسة طلبات المتقدمين لمزاولة هذه المهن وإصدار الرخص الخاصة بهم « الحق في التفتيش على مكاتب المهن الحرة للتأكد من صحة البيانات المدونة في السجلات الخاصة بالمرخص لهم بمزاولة هذه المهن وضبط من يزاول مثل هذه الأعمال بغير ترخيص .

(٨) أخذ رأي مصلحة الأشغال العامة بالنسبة للطلبات الخاصة بفتح مكاتب هندسية قبل إصدار الترخيص الخاص بذلك من قبل الوزارة ، نظراً لما يتوفر لديها من جهاز هندسي فني متكامل .

(٩) إعداد سجلات منتظمة خاصة بالمهن الحرة . وقد اقترحت اللجنة ثلاثة أنواع من السجلات على النحو التالى

« أولاً : سجل طلبات المتقدمين لمزاولة المهنة

ويوضح فيه إسم طالب الترخيص وجنسيته ومحل إقامته وعنوانه وتاريخ تقديم الطلب .

ثانياً : سجل بالمرخص لهم بمزاولة المهنة

ويوضح فيه :

أ - إسم المرخص له . ب ـ جنسيته . ج ـ محل إقامته . د ـ السن . هـ ـ العنوان . و - رقم الاجازة وتاريخها . ز ـ المؤهلات العلمية والخبرة العملية والهيئات التي ينتمي اليها .

ثالثاً : سجل المشطوبين

حيث يوجد الكثيرون ممن حصلوا على تراخيص بمزاولة المهنة ولم يقوموا بمزاولتها فمنهم من سافر ومنهم من توقف عن العمل في مكتبه لالتحاقه بوظيفة حكومية أو غيرها . واقترحت اللجنة أن يوضح هذا السجل : -

« أ - الاسم . ب ـ الجنسية . ح ـ محمل الإقامة . د ـ العنوان . ه ـ رقم قرار الشطب وتاريخه وأسباب الشطب » . انتهت توصيات اللجنة .

هذا وقد صدر القرار الوزاري رقم ٤٢٠ وتاريخ ١٣٨٨/٦/١١هـ بأنه «إلى أن يصدر النظام الخاص بتنظيم مزاولة المهن الحرة في المملكة ، تمنح التراخيص لفتح مكاتب هندسية وفقاً للشروط والأوضاع المنصوص عليها في توصيات اللجنة الموضحة أعلاه » .

هذا وقد وضعت وزارة التجارة إلى جانب ما تقدم في نفس الوقت (١٣٨٨ هـ) الشروط التي يلزم توفرها في طالبي التراخيص لفتح مكاتب هندسية ويمكن تلخيص هذه الشروط فيما يلي :

أولاً : يمنح الترخيص للشخص الطبيعي الذي تتوفر فيه الشروط التالية :

أ ـ أن يكون سعودي الجنسية ، أو عربياً غير سعودي ، على أن يكون ، في الحالة الثانية ، مرخصاً له في بلده الأصلي للقيام بذات العمل الذي يريد أن يقوم به في المملكة ، وأن تتوافر فيه المؤهلات المطلوبة في البندين (ج ، د) أدناه .

واستثناءاً مما تقدم يجوز لوزير التجارة والصناعة أن يصرح لغير العربي بفتح مكاتب هندسية في المملكة عن رأي مقتضي لذلك يتعلق بعلو كفاءة الأجنبي أو ندرة ميدان تخصصه .

ب ـ أن يكون مقيماً في أراضي المملكة العربية السعودية .

ج ـ أن يكون حاصلاً على شهادة دكتوراه في الهندسة أو شهادة ماجستير في الهندسة مع خبرة سنة واحدة على الأقل في حقل عمله ، أو شهادة بكالوريوس في الهندسة أو ما يعادلها مع خبرة ثلاث سنوات ، على أن يتم معادلة الشهادات من قبل لجنة معادلة الشهادات في

وزارة المعارف وأن تكون الشهادة عموماً من إحدى الجامعات المعترف بها في المملكة العربية السعودية .

د ـ أن تكون خبرة طالب الترخيص المنصوص عليها في البند السابق بعد تخرجه من الجامعة وأن يقضيها بالتمرين لدى أحد مكاتب المهندسين المرخص لهم بمزاولة هذه المهنة أو في وظيفة مناظرة للتمرين لدي الجهات الحكومية أو غيرها من المؤسسات والشركات الأهلية .

هـ ـ أن يكون مشهوداً له بحسن السيرة والسمعة ، وألا يكون قد صدرت ضده أحكام مخلة بالشرف .

ثانياً : أما إذا كان طالب الترخيص مكتباً استشارياً فيجب أن تتوفر فيه الشروط الآتية :

أ ـ أن يكون له مركز خاص في المملكة العربية السعودية .

ب ـ أن تتوفر الشروط المنصوص عليها في البند « أولاً » في جميع أصحاب هذا المكتب في حالة تعددهم . وإذا كان صاحب المكتب مهندساً واحداً فيجب أن يعمل لديه مجموعة من المهندسين تتوفر فيهم الشروط المنصوص عليها في البند « أولاً» .

ويستثنى شرط الإقامة فقط من ذلك فيجب أن يتوفر هذا الشرط في شخص واحد على الأقل من أصحاب المكتب أو في شخص مديره الخاص بمركزه في المملكة على أن تتوافر فيه جميع الشروط الأخرى المنصوص عليها في البند « أولا » .

ج ـ أن يكون المكتب الاستشاري متكاملاً من الناحية الفنية ، وأن يمثل المهندسون العاملون به ـ على الأقل ـ الشعب الهندسية الثلاث التالية : ـ

١ ـ شعبة الهندسة المعمارية .

٢ ـ شعبة الهندسة المدنية .

٣ ـ شعبة الهندسة الكهربائية . » انتهت الشروط .

وقد ظل التنظيم الموضح في توصيات اللجنة المشكلة بوزارة التجارة بشأن تنظيم مزاولة أعمال المهن الحرة ، وكذا توصيات اللجنة حول الشروط الواجب توافرها في طالبي التراخيص لفتح مكاتب هندسية أو استشارية والذي سبق ايضاحه ، معمولاً به دون تعديل حتى صدور قرار وزير التجارة رقم ٩١٧ بتاريخ ١٣٩٣/٣/١٢ هـ بإضافة بعض الشروط الأخرى وفيما يلي نص هذا القرار :

« المادة الأولى : تضاف إلى الشروط والأوضاع المنصوص عليها في التوصيات المرفقة بالقرارات الوزارية المشار إليها في ديباجة هذا القرار الشروط الآتية :

(١) يقتصر نطاق الترخيص الذي يصدر من الوزارة لشخص معين بمزاولة مهنة حرة معينة على المدينة أو المدن أو المناطق الأخرى بالمملكة . فإذا لم يتضمن الترخيص تحديداً لمدينة معينة أو منطقة معينة يباشر فيها الصادر له الترخيص المهنة الحرة التي رخص له بها كان معنى ذلك أن الترخيص الصادر له يشمل المملكة بكاملها .

واعتباراً من تاريخ صدور هذا القرار ينص في الرخص المؤقتة التي تمنح على اقتصار

الترخيص الصادر على مزاولة المهنة الحرة في المدينة أو المدن أو المنطقة أو المناطق الموضحة به فقط وعدم جواز مزاولة هذه المهنة خارج هذا النطاق إلا بترخيص كتابي من الوزارة .

(٢) يعتبر مزاولة للمهنة بدون ترخيص فتح فرع أو مكتب لمزاولة المهنة الحرة خارج المدينة أو المدن أو المنطقة أو المناطق المرخص بمزاولتها في دائرتها على الوجه السابق تحديده في البند السابق .

وإذا رغب أحد المرخص لهم بمزاولة إحدى المهن الحرة في فتح فرع لمكتبه في مدينة أو مدن أو منطقة أو مناطق معينة خارج النطاق المكاني المحدد في الترخيص الصادر له ، يتعين عليه قبل مزاولة العمل في هذا الفرع أوالمكتب الحصول على الترخيص اللازم من الوزارة بافتتاحه . وفي هذه الحالة تسري على الترخيص بافتتاح هذا الفرع أو المكتب الشروط الواجب توافرها فيمن يرخص له أصلاً بمزاولة هذه المهنة الحرة والمبينة في القرار الوزاري الصادر في شأن كل مهنة من هذه المهن والتعليمات التي تطبقها الوزارة في شأنها .

(٣) لايجوز الترخيص للأجنبي المتقدم لحساب شركة أو مؤسسة أهلية أو لموظفي الدوائر الحكومية بفتح فرع للعمل خارج وقت الدوام الرسمي في غير المدينة التي يعمل بها .

المادة الثانية : يبلغ هذا القرار لمن يلزم لتنفيذه ويعمل به من تاريخ صدوره » . انتهى .

هذا وفي ١٣٩٥/٦/٢٩ هـ صدر القرار رقم ١٦٤٧ من وزير التجارة يعطي مزيداً من المرونة لفتح المكاتب الاستشارية والهندسية ، وفيما يلي نص القرار : -

« أولاً :

مع عدم الإخلال بالشروط الواجب توافرها فيمن يرخص له بمزاولة مهنة الاستشارات الهندسية ، يجوز الترخيص لممول أو أكثر من غير الحائزين على المؤهلات العلمية الواجب توافرها فيمن يرخص له بمزاولة هذه المهنة ، أولمن كان حائزاً على هذه المؤهلات ولم يتوافر لديه الحد الأدنى من مدة الخبرة اللازمة لمنح الترخيص ، بافتتاح مكتب للاستشارات الهندسية في المملكة وفقاً للشروط وبالقيود والأوضاع الآتية : ـ

١ - أن يكون طالب الترخيص سعودي الجنسية .

٢ - أن يقتصر عمله على مجرد تمويل المكتب ، فإذا كانت له خبرة عملية سابقة في المجال الهندسي موضوع الترخيص في إحدى الجهات الحكومية لمدة خمس سنوات على الأقل سابقة على تاريخ تقديم الطلب ، جاز الترخيص له أيضاً بالقيام بعمل المدير الإداري للمكتب دون أن يكون له الحق في القيام بالأعمال الفنية .

٣ - أن يتعاقد الممول مع شركة هندسية استشارية معترف بها أو مع واحد أو أكثر من المهندسين المتخصصين ممن تتوافر فيهم شروط مزاولة الاستشارات الهندسية فيما عدا شرط الجنسية على إدارة مكتبه من الناحية الفنية ومزاولة الأعمال الاستشارية الهندسية به .

٤ - تكون مزاولة كافة الأعمال الفنية بالمكتب أيا كانت وعلى وجه الخصوص إدارته الفنية وإعداد الرسومات والمخططات والتوقيع عليها قاصرة على الفنيين والمدير الفني ويحظر على المموّل مزاولة أي عمل من هذه الأعمال .

٥ - يكون الفنيون والمدير الفني تابعين للمكتب المرخص به ، ولا يجوز لهم مزاولة الأعمال الفنية خارج نطاق المكتب أو فتح مكاتب خاصة للاستشارات الهندسية بأسمائهم .
٦ - مع عدم الإخلال بأحكام المسئولية وفقاً لما تقتضيه الشريعة الإسلامية ، يكون الفنيون والمدير الفني مسئولين عما يصدر عنهم من أعمال .
٧ - تحكم العلاقة بين الممول ومن يعمل لديه أو معه من الفنيين المؤهلين فرداً كان أو شركة أحكام عقد العمل أو عقد الشركة حسب الأحوال .
٨ - إذا فسخ عقد العمل أو حُلت الشركة أو انتهى عمل هؤلاء الفنيين في المكتب لأي سبب من الأسباب أو لم يبق في المكتب من يكفي منهم للقيام بالأعمال الهندسية الاستشارية أو لإدارة المكتب من الناحية الفنية ، وجب تجميد نشاط المكتب ، ولا يعاود هذا النشاط إلا اذا توفر العنصر الفني المؤهل وفقاً للقواعد المقررة ، فإذا انقضت على هذا التجميد مدة ثلاثة أشهر وجب شطب التسجيل ، وتقوم به الجهة المختصة من تلقاء نفسها أو بناءاً على طلب أحد ذوي الشأن ، ويخضع قرار الشطب للتظلم منه إلى الوزير في خلال شهر من تاريخ إبلاغ صاحب الشأن به .

ثانياً :

يقدم طلب الترخيص بافتتاح المكتب الاستشاري من الممـول إلى إدارة الشركات والتسجيل بالوزارة ويرفق بالطلب بيانا معتمد بخبرته لدى إحدى الجهات الحكومية ومدتها وما يدل على جنسيته وشهادة بحسن سيرته وسلوكه وعدم سبق الحكم عليه بحد شرعي في خلال خمس سنوات سابقة على تاريخ تقديم الطلب ، كما يرفق به بيانا بأسماء ومؤهلات وجنسيات الفنيين الذين يتفق معهم على العمل لديه أو على مشاركته ، ويصحب هذا البيان بالوثائق المؤيدة له مصدقة ومترجمة إلى اللغة العربية طبقاً للقواعد المقررة ، ويجب أن تتوفر في هؤلاء الفنيين ما يجب توافره أصلاً فيمن يصرح له بمزاولة مهنة الاستشارات الهندسية فيما عدا شرط الجنسية .

ثالثاً :

تطبق أحكام هذا القرار على الممول إذا كان حائزا على المؤهلات العلمية الواجب توافرها فيمن يرخص له بمزاولة مهنة الاستشارات الهندسية ولم يتوفر فيه شرط الخبرة المطلوبة أو لم تكتمل له مدتها المقررة ، ويكون له في هذه الحالة الحق في العمل في المكتب كمهندس تحت التدريب مع القيام بالأعمال الادارية بالمكتب دون الأعمال الفنية التي تقتصر على الفنيين بالمكتب طبقاً للمنوه عنه في المادة « أولاً » من هذا القرار ، فإذا اكتملت لديه مدة الخبرة الواجب توفرها جاز الترخيص له بمزاولة المهنة على استقلال متى توفرت فيه الشروط المقررة لمزاولتها .

رابعاً :

لا يخل هذا القرار بالتزام الممول بالقيد وفقاً لأحكام نظام السجل التجاري وعلى الوجه المبين به .

خامساً :

يعمل بهذا القرار من تاريخ صدوره ويبلغ لمن يلزم لتنفيذه » .

انتهى نص القرار .

ويبدو أن تجربة الترخيص للممولين لفتح مكاتب استشارية لم تحقق الغرض الذى عملت من أجله بل من المحتمل أن يكون قد حدث سوء استغلال ومخالفات للأنظمة بسبب تلك المرونة . فقد استمرت تلك التجربة لمدة سنتين صدر بعدهما القرار الوزاري رقم ١٧٦٦ بتاريخ ١٣٩٧/٦/٢٧ هـ بشأن تعديل شروط مزاولة مهنة الاستشارات الهندسية وفيما يلي نص القرار :

« مادة ١ - لا يجوز لغير الحائزين على المؤهلات العلمية الواجب توافرها فيمن يرخص له بمزاولة مهنة الهندسة والاستشارات الهندسية والمنصوص عليها في القرارات الوزارية المشار إليها في ديباجة هذا القرار .
افتتاح مكاتب للاستشارات الهندسية في المملكة .

مادة ٢ - يصدر الترخيص للمكتب الاستشاري الهندسي بإسم المهندس السعودي متى طلب ذلك ، وكان مستوفياً لكافة شروط مزاولة المهنة بما في ذلك شرط الخبرة ، كما يجب أن تتوافر لدى المكتب مجموعة من المهندسين تتوافر لديهم نفس الشروط ويمثلون شعب التخصص الآتية على الأقل : ـ

١ ـ شعبة الهندسة المعمارية .
٢ ـ شعبة الهندسة المدنية .
٣ ـ شعبة الهندسة الكهربائية .

مادة ٣ - واستثناءاً مما تقدم يجوز أن يصدر الترخيص للمكتب الاستشاري الهندسي باسم مجموعة مهندسين يمثلون نفس التخصصات المشار إليها في المادةالثانية وتتوافر فيهم شروط مزاولة المهنة . على أن يكون من بينهم مهندس سعودي كشريك ولو لم تتوافر لديه شروط الخبرة على أن يكون مستوفياً للشروط الأخرى .

مادة ٤ - ينشر هذا القرار في الجريدة الرسمية ويعمل به من تاريخ نشره وتلغى النصوص المتعارضة مع أحكامه في القرارات الوزارية السابقة» . وهكذا تم إلغاء مبدأ الترخيص للممولين من غير المهندسين بفتح مكاتب استشارية حتى ولو توفرت لديهم الخبرات الفنية الأجنبية المؤهلة . وقد تم هذا الإلغاء لحماية المهندسين السعوديين من منافسة غير السعوديين لهم تحت اسم ممول سعودي .

ولابد أن القارىء قد استنتج من كل ما تقدم بأن الحاجة مازالت ملحة إلى وضع نظام ثابت مناسب لقياس قدرات المهندسين والترخيص لهم ومتابعة نشاطهم وحل مشاكلهم » .

٩ - ٥ صيغة مقترحة لتحسين الوضع القائم

تعيش المملكة العربية السعودية فترة غير عادية إذا قيست بمعدلات نمو وتطور الشعوب والأمم والأقطار، ولاشك أن المهندسين يحملون العبء الأكبر فيما يمكن أن يقدم من خدمات، لتمكين خطط التنمية الطموحة التي تتبناها المملكة من تحقيق أهدافها. فبعد أن كانت بضعة مكاتب هندسية وأخرى استشارية كفيلة بتقديم ما تحتاجه مدينة كمدينة الرياض من خدمات هندسية وتخطيط وتصميم وإشراف ومتابعة وتشغيل وصيانة، أصبحت البلاد الآن بحاجة إلى مئات من تلك المكاتب، بل وبحاجة إلى الآلاف من المهندسين في مختلف التخصصات. وبالرغم من أنه يوجد هناك حوالي ثلاثمائة مكتب استشاري هندسي في المملكة عام ١٤٠٠ هـ فإن أقل من ثلث هذا العدد من المكاتب مسجلة بأسماء سعوديين. وبالإضافة إلى ذلك فإن التصميم والإشراف لمعظم المشاريع الهندسية الكبيرة في المملكة مازالت تقوم به الشركات الاستشارية الأجنبية. ويمكن القول بأن هناك هوة سحيقة بين العرض والطلب على المهندسين السعوديين من ناحيتي الكمّ والكيف. وبالرغم من أن البلاد تعيش فترة غير عادية من حيث سرعة النمو واتجاهاته وحجمه، فإن ذلك لا يعني ترك الأمور تسير دون ضوابط وأنظمة ولفترة تزيد عن ربع قرن من الزمان.

لقد تمكنت الكثير من الدوائر الحكومية من وضع أنظمة خاصة بتنظيم عملها والتحكم في العلاقة التى تربط تلك الدوائر بمن يعنيهم أمرها من الأفراد وتحديد مالهم من حقوق وماعليهم من واجبات. بل لقد قامت تلك الجهات بتطوير وتحديث أنظمتها بين الحين والآخر لتتمشى مع الظروف القائمة. ومن أمثلة تلك الأنظمة على سبيل المثال: نظام الخدمة المدنية، ونظام التقاعد ونظام العمل، ونظام التأمينات الاجتماعية والكثير من غيرها. أما تنظيم المهن الحرة والترخيص للمؤهلين بممارستها فما زال يعتمد على أنظمة غير متكاملة وغير واضحة في بعض الأحيان، بل وغير حكيمة في أحيان أخرى. وفي مثل هذه الحالة، يجب أن نبدأ بوضع نظام متكامل وفق أفضل مانستطيع تحقيقه لتنظيم مهنة الهندسة والاستفادة من الطاقات البشرية والوطنية المؤهلة بطريقة فعالة ومفيدة. وهذا لا يعني بأي حال أن يكون ذلك النظام خالياً من الأخطاء فالذي يجب أن يضمن لنفسه عدم الوقوع في الخطأ ليس له إلا سبيل واحد هو ألا يعمل شيئاً على الإطلاق. وليس هذا هو المقصود، بل يجب أن نكون قادرين على اكتشاف الخطأ وتصحيحه في وقت لاحق، فذلك أجدى وأنفع بكثير من الانتظار الطويل الذي سينتج عنه مزيد من تعقيد الأمور وصعوبة التحكم فيها ليس إلا.

ويمكن البدء بإصدار نظام لتنظيم مهنة الهندسة والاستشارات الهندسية والترخيص للمهندسين بمزاولة مهنتهم على أن تتحقق فيه المبادىء الأساسية التالية:

أولاً:

الفصل بين المهنة الهندسية وبين التجارة، وبمعنى آخر الفصل بين الترخيص للمهندس بمزاولة مهنته حيثما شاء وكيفما شاء في حدود النظام وبين الترخيص بفتح مكاتب هندسية أو استشارية.

وعندما يتم الأخذ بهذا المبدأ سيمكن الترخيص لأي مهندس بالعمل « كمهندس محترف » وسيمكنه عندئذ أن يمارس مهنته من خلال العمل في شركة أو دائرة حكومية أو مكتب استشاري أو غير ذلك مع تمتعه بكامل حقوقه وتحمله لكافة مسئولياته ، ويعتمد أيضاً توقيعه على الخرائط والرسومات وغيرها من الوثائق الهندسية الرسمية .

ثانياً :

انطلاقاً من الأخذ بالمبدأ الأول أعلاه ، يجب وضع تنظيم يتم من خلاله قياس قدرة المهندسين الفنية قبل الترخيص لهم . وهذا يعني ضرورة اختبارهم عن طريق هيئة أو دائرة تعين لهذا الغرض . ويمكن تحقيق ذلك بواسطة إحدى الطريقتين :

١ - إقامة جمعية للمهندسين تتولى وضع نظام للعضوية واخر لتقويم الكفاءة وثالث للتأديب وهكذا ، وتكون قرارات هذه الجمعية مقبولة لدى الجهات الرسمية والشعبية .

٢ - تشكيل لجنة فنية دائمة يتم اختيار أعضائها ـ مرة كل بضع سنوات ـ من ذوي الكفاءة العالية والسمعة الحسنة ، وتقوم بالإشراف على خطوات تقويم الكفاءة والخبرة للمهندسين والترخيص لهم ومتابعة إنتاجهم ونشاطهم ، كما يمكنها أيضاً أن تستعين بالهيئات المتخصصة كالجامعات على تحقيق رسالتها وتأدية واجباتها .

ثالثاً :

يجب أن توضع ـ في أقرب فرصة ـ الأسس الكفيلة بالاستفادة العاجلة من الخبرات والكفاءات الوطنية المؤهلة مثل أساتذة الجامعات وغيرهم من ذوي الكفاءة والخبرة العاليتين . كما يجب إعادة النظر في الأنظمة التي تقيد أو تعرقل الاستفادة من هذه الفئات المؤهلة .

رابعاً :

منع الازدواجية في إجراء وإعطاء المهندس المرخص وفق المبادىء الثلاثة السالفة حرية ممارسة مهنته في أي منطقة وفي أي مدينة من مدن المملكة ، دون الحاجة إلى اللجوء للبلدية أو غيرها للحصول على ترخيص جديد .

خامساً :

وضع نظام لفتح المكاتب الهندسية والاستشارية يضمن مستوى عال للأداء مع استمرار متابعة نشاطها ومستوى أدائها من قبل الجهة المختصة والتأكد من كفاءة العاملين به وحصولهم على الترخيص وفق الأسس السابقة .

سادساً :

أن يكون هناك نظام لمتابعة المهندسين أنفسهم والمكاتب الهندسية والاستشارية . ويمكن تحقيق ذلك عن طريق التقارير التي تطلب من كل مهندس مرخص له بالعمل ومن كل مكتب هندسي أو استشاري . ويجب أن تعد هذه التقارير وفق طريقة محددة ، كل نصف سنة ، بحيث توضح نشاط المهندس أو المكتب خلال الفترة السابقة من حيث الكمّ والكيف . ويجب أن يكون الترخيص أيضاً لفترة محددة (سنة مثلاً) قابلة للتجديد وفق نتائج تحريات الجهة المختصة وبناءاً على ما يرد في التقارير النصف سنوية من معلومات .

٩ - ٦ صناعة التشييد في المملكة العربية السعودية

تشهد صناعة التشييد فترة من النمو السريع في الوقت الحاضر حتى ليخيل إلى زوار البلاد بأنها جميعها تحت التشييد . وقد كان معدل النمو في صناعة التشييد خلال فترة الخطة الخمسية الأولى للبلاد (١٣٩٠ - ١٣٩٥ هـ) ١٩٪ في السنة ، كما بلغ نفس المعدل خلال فترة تنفيذ الخطة الخمسية الثانية (١٣٩٥ - ١٤٠٠ هـ) ١٨٪ في السنة . وقد ساهمت صناعة التشييد فيما قيمته ٢١٪ من إجمالي الإنتاج المحلي غير البترولي في عام ١٤٠٠ هـ . ويتم استيراد معظم المواد والعمالة المستخدمة في صناعة التشييد ، بالرغم من أن بعض الشركات السعودية بدأت في إنتاج بعض مواد البناء وخاصة الأسمنت . وقد زادت الطاقة الاستيعابية في صناعة التشييد بدرجة كبيرة خلال السنوات العشر الماضية . حيث كانت نسبة التوسع حوالي ٩٠٪ خلال عامي ١٣٩٤ ـ ١٣٩٥هـ . كما زادت الطاقة الاستيعابية بمقدار ٦٧٪ خلال عام ١٣٩٦ هـ . ويمارس مئات المقاولين (معظمهم من غير السعوديين) ، ممن يزيد حجم أعمالهم عن ١٠ ملايين ريال ، نشاطهم في المملكة . كما يوجد آلاف غيرهم من المقاولين السعوديين الصغار . وقد كان نصيب صناعة التشييد من مخصصات خطة التنمية الثانية ٤٩,٦٪ ، بينما يقدر نصيب هذا القطاع الهام في خطة التنمية الثالثة (١٤٠٠ ـ ١٤٠٥ هـ) ٣٥٫٥٪ . وقد قدرت تكاليف المنشآت الأساسية المدنية في خطةالتنمية الثالثة حوالي ٢٤٩,١ بليون ريال سعودي من أصل مخصصات الخطة البالغة ٧٨٣ بليون ريال ، أي أن نصيب صناعة التشييد في القطاع المدني سيكون ٣٢٪ من إجمالي مصروفات الخطة . وكما أسلفنا فإن معظم العمال بقطاع التشييد من العمالة المستوردة . ويأتي هؤلاء من الدول العربية المجاورة وبخاصة اليمن ومصر وسوريا والأردن ، كما أن هناك أعداداً كبيرة من العمال المستوردين من شبه القارة الهندية ومن بلدان جنوب شرق آسيا . ويقدر عدد العمال بقطاع التشييد حوالى ٣٣٠,٥٠٠ خلال عام ١٤٠٠ هـ من أصل إجمالي اليد العاملة في البلاد والبالغة ٢,٤٧٠,٠٠٠ خلال نفس العام . أي ما يعادل ١٣٪ . ويتوقع أن تزيد الأرقام خلال عامي ١٤٠١ ـ ١٤٠٢ هـ ليصبح إجمالي اليد العاملة ٢,٦٣٠,٠٠٠ ومنها حوالي ٣٩٤,٥٠٠ في قطاع التشييد ، أو حوالي ١٥٪ . وقد كان من نتائج التزايد على الطلب في صناعة التشييد وضعف طاقة الاستيعاب في ذلك القطاع أن ارتفع معدل التضخم بنسبة كبيرة خلال بداية فترة تنفيذ الخطة الخمسية الثانية للتنمية ، مما حدا بالحكومة إلى اتخاذ إجراءات محددة نتج عنها انخفاض ملحوظ في معدل التضخم في تكاليف التشييد وفق الجدول التالي :

معدل النسب المئوية لتغير تكاليف التشييد عن العام السابق

١٣٩٥/٩٦ هـ	+ ٥٣
١٣٩٦/٩٧ هـ	+ ٢٨
١٣٩٧/٩٨ هـ	+ ١٣
١٣٩٨/٩٩ هـ	+ ٧
١٣٩٩/١٤٠٠ هـ	+ ١٠

ونظراً لأنه قد تم تحقيق نصيب وافر من الطلب على المباني بشكل عام ، من تجارية وصناعية وسكنية ، فإن حجم صناعة التشييد لن يبقى خلال فترة خطة التنمية الثالثة كما كان عليه خلال فترة الخطة الثانية للتنمية . ويتوقع المخططون أن تتركز صناعة التشييد على القطاع الصناعي ، وأن يزداد نصيب المقاولين السعوديين كمّاً وكيفاً في هذه الصناعة الهامة خلال فترة الخطة الخمسية الثالثة للتنمية . ويتوقع أن يبلغ إجمالي نصيب صناعة التشييد (بما في ذلك المنشآت العسكرية) في مصروفات خطة التنمية الثالثة مقدار ٤٤٠ بليون ريال حسب أسعار سنة ١٣٩٩ هـ . ويتوقع أن يتناقص عدد العمال في قطاع التشييد مع نهاية مدة الخطة الثالثة للتنمية إلى ٩٪ من إجمالي القوة العاملة في البلاد أي حوالي ٢٤٥٠٠٠ عامل . ويتوقع كذلك ازدياد نصيب المقاولين السعوديين سواءاً بشكل فردي أو على شكل اتحادات سعودية أو سعودية أجنبية . ويمكن أن يقال الشيء ذاته عن الاستشارات الهندسية والمهام الهندسية من تخطيط وتصميم وإشراف ومتابعة وتشغيل . وكنتيجة لتشييد عدد كبير ومتزايد من المشاريع بمختلف أنواعها وأغراضها وأحجامها فإن أهمية مشكلة الصيانة والتشغيل سوف تزداد بشكل ملحوظ خلال سنوات خطة التنمية الثالثة وسوف تمثل سدس التكلفة الكلية للمشاريع المدنية خلال الفترة المذكورة .

أما مواد البناء فلا يتوقع حدوث أي نقص فيها ، نظراً لزيادة الإنتاج المحلي من هذه المواد ، خصوصاً الهامة منها ، مثل الأسمنت وحديد التسليح من جهة ، ولوفرتها في السوق العالمية من جهة أخرى . ويمثل الجدول التالي بياناً بتقديرات إجمالي الاستهلاك من مختلف مواد البناء خلال فترة تنفيذ الخطة :

الكميات المتوقع استهلاكها من بعض مواد البناء
خلال فترة الخطة الخمسية الثالثة

المادة الخام	الكمية المتوقعة للاستهلاك
الأسمنت	٦٨ مليون طن متري
قضبان حديد التسليح	١٠ مليون طن متري
الأسفلت	١٣ مليون طن متري
الجرول (البحص)	٢٨٦ مليون متر مكعب
البلوك الأسمنتي والبلاط	٣١ مليون طن متري
أنابيب خرسانية	٠,٥٨ مليون طن متري
أنابيب أسمنت ـ اسبستس	٠,٦٤ مليون طن متري
أحجار معمارية (تشطيبات)	٢,٦ مليون طن متري
فولاذ إنشائي	٢,٤ مليون طن متري
أنابيب فولاذية	٥٠ مليون طن متري
صفائح معدنية	٣,٥ مليون طن متري
الألومنيوم (مصنع)	٠,١٧ مليون طن متري
خشب	٩ مليون متر مكعب
الزجاج	٠,٣٤ مليون طن متري
جدران وأسقف اصطناعية (لتوصيل الصوت)	٣٦ مليون متر مربع

الكميات المتوقع استهلاكها من بعض مواد البناء
خلال فترة الخطة الخمسية الثالثة

المادة الخام	الكمية المتوقعة للاستهلاك
مواد عازلة	٠,٣٨ مليون طن متري
دهانات وسدادات للمفاصل	١٣٣,٤ مليون لتر
سقف قشري	٤٢ مليون متر مربع

ومع أن معدّل الإنتاج المحلي من معظم هذه المواد سينمو خلال سنوات خطة التنمية الثالثة ، فإن الحاجة إلى الاستيراد ستظل قائمة . ويمكن معرفة حجم الاستيراد المتوقع بمقارنة قائمة الاحتياج الموضحة أعلاه بقائمة الإنتاج المحلي وفق ما هو موضح أدناه :

الطاقة الانتاجية المتوقعة لعدد من مواد الإنشاء خلال
فترة خطة التنمية الثالثة للبلاد

أ ـ الطاقة المتوقعة :	
الأسمنت	٣٢ مليون طن متري
قضبان حديد التسليح	٣ مليون طن متري
الأسفلت	٨ مليون طن متري
ب ـ الطاقة الإنتاجية الصغرى لبعض المنتجات التي تدعمها الحكومة :	
الجرول (البحص)	٣٥ مليون متر مكعب
البلوك الأسمنتي والبلاط	٤,٧٦ مليون طن متري
طوب فخاري	٠,٠٨ مليون طن متري
طوب أحمر	٠,٠٦ مليون طن متري
طوب الرمل الجيري	٠,٨٣ مليون طن متري
طوب من أنواع أخرى	٠,٣٥ مليون طن متري
وحدات الخرسانة مسبقة الصب	٠,١٩ مليون طن متري
بلاطات السقف مسبقة الصب	٠,٦٠ مليون طن متري
أنابيب (أسمنتية ، فخارية ، الخ)	٢٠,٠٠ مليون طن متري
ألواح أسبستس	٠,٤٢ مليون طن متري
رخام	٠,٤٢ مليون طن متري
أحجار معمارية (تشطيبات وتكسيات)	١٠ مليون طن
دهانات	٧٥ مليون لتر

مما تقدم يتضح أنه مازالت هناك الحاجة إلى الاستيراد لكثير من مواد البناء رغم أن القطاع الخاص قد بدأ في التفكير الجدي في طرق مجال التصنيع والمساهمة في تمويل المشاريع الصناعية . أي أن الجدول الأخير الموضح أعلاه لا يمثل الإنتاج القومي الكلي لمواد البناء في المملكة خلال فترة الخطة الخمسية الثالثة للتنمية .

لم يكن القصد من هذه المعلومات المقتضبة عن صناعة التشييد في المملكة إعطاء القارىء

فكرة وافية عن هذا القطاع الهام من قطاعات التنمية ، وإنما المقصود إعطاء فكرة مختصرة فقط عنه . ذلك أن الحديث عن صناعة التشييد في المملكة العربية السعودية أمر لا يمكن ايفاءه حقه دون الإسهاب الذى سيخرجنا عن الموضوع الذى نحن بصدده في هذا الباب . ألا وهو تنظيم وترخيص هذه الصناعة والتحكم فيها ، من خلال تصنيف المقاولين تحقيقاً لحمايتهم من المغامرات غير المضمونة العواقب ، وحفاظاً على الحقوق الخاصة والعامة من الضياع بين أيدي غير المؤهلين منهم .

٩ - ٧ أنواع الشركات التى تعمل في صناعة التشييد في المملكة العربية السعودية

لقد سيطرت الشركات الإنشائية الأجنبية على سوق صناعة التشييد في المملكة خلال فترة الخطة الخمسية الأولى والثانية . ومازالت تلك الشركات تحصل على نصيب الأسد من العقود التي توقع لتنفيذ مشاريع التشييد المختلفة بالرغم من بعض المحاولات الجادة من بعض المقاولين السعوديين . ففي عام ١٣٩٦ هـ كان هناك ٢١٥ مقاول ممن يزيد حجم أعمالهم عن عشرة ملايين ريال للمشروع الواحد يمارسون نشاطهم في المملكة . وتبلغ نسبة السعوديين بينهم ٣٠٪ فقط . كما أن هناك حوالي ٤٢٠٠ مقاول سعودي صغير يمارسون نشاطهم في ميدان التشييد خلال نفس العام . وبالرغم من مضي خمس سنوات منذ ذلك الحين ، فلا زالت الصورة كما هي عليه بالنسبة لنصيب المقاولين السعوديين في سوق التشييد . وتنحصر الأسباب التي دعت إلى ذلك في المنافسة الشديدة في السوق وفي وجود التكنولوجيا المتقدمة في يد الشركات الأجنبية بينما لا تستطيع الشركات السعودية الوصول إلى تلك التقنية أو إلى المستوى الذي يمكنها من منافسة الشركات الأجنبية من النواحي الفنية والتنظيمية والإدارية . بل أن معظم تلك الشركات تفتقر إلى المعرفة بإصول إدارة المشاريع ومتابعتها .

وكنتيجة لذلك لجأت الشركات السعودية إلى تكوين اتحادات بينها أو تكوين شركات مختلطة سعودية أجنبية وذلك لمحاولة الاستفادة من خبرة وكفاءة الشركات الأجنبية . وعليه ، يمكن أن نقول أنه يوجد هناك خمسة أنواع من الشركات التي تمارس نشاطها في مجال التشييد في المملكة ، وهي :

(١) شركات سعودية مملوكة بالكامل لمواطنين سعوديين . وقد أنشئت مثل هذه الشركات وفق أنظمة المملكة العربية السعودية . وتختلف أنظمة ونوعيات تلك الشركات : فمنها المملوكة ملكية فردية ومنها شركات مساهمة ومنها الشركات ذات المسئولية المحدودة ..الخ .

(٢) اتحاد شركات سعودية : وهذه عادة تتحد لغرض معين بالتكافل والتضامن مثل تنفيذ مشروع أكبر من حجم أي من هذه الشركات كل على حدة . وبالتالي فإن مثل هذا الاتحاد يعتبر وقتياً ، ينتهي بانتهاء تنفيذ التزاماته بموجب عقد المشروع . وهناك اتحادات شبه دائمة وأخرى دائمة .

(٣) اتحاد الشركات المختلطة : وهنا تتحد شركتين أو أكثر ، إحداهما سعودية والأخرى أجنبية . ويكون الغرض من هذا الاتحاد إضفاء الصبغة السعودية على الاتحاد مما يخدم مصلحة الجانب الأجنبي فيه ، كما أنه يعطي الجانب السعودي الدعم الفني والمالي الذي يحتاجه لتنفيذ مشاريع كبيرة متقدمة . ويتكون مثل هذا الاتحاد إما بصورة مؤقتة لتنفيذ مشروع معين أو بصورة دائمة لتنفيذ ما يتمكن الاتحاد من الحصول عليه من المشاريع .

(٤) شركة أجنبية : وهذا النوع من الشركات المملوكة بالكامل لجهة أجنبية أصبحت تعاني بعض الشيء من قوانين حماية الشركات السعودية وبذا فإنها لجأت إلى ما يسمى « نظام الوكالة » ، وهو وجود وكيل سعودي للشركة يتحمل الالتزامات التي يوجبها النظام ، مثل تقديم ضمان العيوب الخفية وتسهيل أمور علاقات هذة الشركة الأجنبية مع الجهات المحلية سواءاً منها الجهات الحكومية أو الخاصة . ولكن هذا الوكيل لا يشترك في عملية التنفيذ الفعلية للمشروع ويحصل على مبلغ معين قد يصل إلى ٦٪ أو أكثر من قيمة أي عقد تأخذه الشركة نظير أتعابه .

(٥) اتحاد الشركات الأجنبية : تتحد الشركات الأجنبية لتنفيذ بعض المشاريع الكبيرة في حجمها والمتنوعة في طبيعتها . وذلك لتساعد بعضها البعض من النواحي الفنية والمالية وتكمل بعضها البعض ويكون احتمال الخطر على أي منها بنسبة حصته في الاتحاد . وقد أصبحت تلك الاتحادات تستخدم وكلاء من النوع السابق ذكره في البند ٤ أعلاه ولنفس الأغراض .

٨ - ٩ تصنيف المقاولين ومجالاته ومبادؤه

كانت مهمة تصنيف المقاولين إلى فئات ومستويات معينة منوطة بلجنة تسمى «لجنة تصنيف المقاولين» . وكانت المهمة نفسها سهلة ميسورة في ذلك الحين نظراً لقلة عدد المقاولين السعوديين من جهة ، ولأن عملية التصنيف كانت عبارة عن إجراء طوعي في ذلك الحين ، لا يغير من واقع الأمور شيئاً . ورغبة من المسئولين في مواكبة الزيادة الكبيرة في طلبات التصنيف وعدد المقاولين السعوديين وغيرالسعوديين فقد أنشئت في عام ١٣٩٧ هـ وكالة خاصة تابعة لوزارة الأشغال العامة والإسكان ، أسندت إليها مهمة تصنيف المقاولين ، وألغيت في نفس الوقت لجنة تصنيف المقاولين التي كانت تتولى تلك المهمة .

والغرض من تصنيف المقاولين هو تقويم كفاءتهم وتحديد مدى قدرتهم الفنية والمالية على تنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة من ناحيتي الكّم والكيف . وقد قامت وكالة تصنيف المقاولين منذ إنشائها بوضع القواعد والأسس العملية لسير عملها ،كما قامت بإعداد الاستمارات اللازمة باللغتين العربية والانجليزية وذلك لتعبئتها من قبل الشركة طالبة التصنيف . وتحتوي « استمارة تصنيف المقاولين » على أحد عشر جدولاً يقوم كل مقاول طالب للتصنيف بتعبئتها . وتحتوي هذه الجداول إلى جانب المعلومات العامة عن المقاول على معلومات عن ملكية الشركة ومجال نشاطها ووضعها المالي ومعلومات عن المسئولين الإداريين فيها ومؤهلاتهم ومؤهلات الموظفين والمهندسين ،

وموجز عن المشاريع التي نفذتها الشركة خلال الخمس سنوات الأخيرة. بالإضافة إلى تفاصيل عن أهم المشاريع المنفذة خلال الخمس سنوات السابقة للتصنيف وأمثلة أخرى من المشاريع الهامة إن وجدت ، ومعلومات عن الاليات والمعدات والتجهيزات ، ومخططاً تنظيمياً يبين الهيكل التنظيمي الإداري للشركة وأية معلومات أخرى ترى الوكالة ضرورة الحصول عليها عن المقاول . وتقوم الوكالة عادة بالتأكد من المعلومات التى يقدمها المقاولون وذلك بالكتابة إلى الجهات الحكومية والخاصة التي سبق للشركة ذات العلاقة أن تعاملت معها . كما يقوم موظفو الوكالة بالاتصال المباشر أحياناً وجمع المعلومات التي تساعد في تحقيق تصنيف عادل للمقاول . وبعد أن تستكمل كل تلك المعلومات تقوم الوكالة بتصنيف المقاول في الدرجة التي تتلائم ومؤهلاته المالية والفنية وخبراته وقدراته وذلك حسب ميدان تخصصه . وقد وضعت الوكالة من أجل ذلك أربع درجات لكل تخصص ، كما وضعت حداً أعلى لقيمة المشاريع التى يستطيع مقاول ما أن يدخل مناقصتها في كل درجة من هذه الدرجات الأربع في كل تخصص . وتجري عملية التصنيف في التخصصات الآتية :

١ - الطرق : ويدخل ضمن ذلك الطرق البرية والبلدية والشوارع والجسور والأنفاق والطرق الزراعية .
٢ - المباني : ويشمل ذلك المباني العامة والمباني السكنية والتجارية والصناعية والمباني المسبقة الصنع .
٣ - الأعمال المدنية : وتشمل المواني والمطارات والسدود والسكك الحديدية وما شابه ذلك .
٤ - شبكات المياه والمجاري : وتشمل بناء محطات تنقية المياه ومحطات تنقية المجاري بالإضافة إلى الشبكات نفسها .
٥ - الأعمال الكهربائية :ويدخل ضمن هذا التخصص محطات توليد الطاقة ومشاريع نقل وتوزيع الطاقة وشبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية وما في مفهومها .
٦ - الأعمال الميكانيكية : ويشمل ذلك التكييف والتبريد وغيرها .
٧ - الأعمال الصناعية : ويدخل في هذا الإطار بناء المصانع ومحطات تكرير البترول والغاز والأعمال البتروكيميائية ومحطات التحلية .
٨ - حفر الآبار : ويشمل ذلك الآبار السطحية والآبار العميقة .

وبالإضافة إلى مجالات التصنيف السالفة الذكر فان الوكالة تتابع نشاط المقاولين وتنوع تخصصاتهم وتكيف نشاطها تبعاً لما تمليه المصلحة العامة وما يتفق وظروف السوق المحلية .

ومع أن الكثير من المقاولين مازال يمارس نشاطه دون تصنيف ، فإن عدد المقاولين الذين تم تصنيفهم حتى تاريخ ١٤٠١/٧/١ هـ هو ٢٥٨ مقاولاً منهم ١٥ شركة مختلطة والباقي شركات سعودية . وقد وضعت وكالة تصنيف المقاولين حداً أعلى لقيمة المشاريع التى يستطيع المقاول غير المصنف أن يتقدم لها . وفيما يلي بيان بفئات التصنيف والحد المالي والأعلى لكل درجة من درجات تلك الفئات بملايين الريالات السعودية :

رقم	الدرجة / مجال التخصص	غير مصنف	الرابعة	الثالثة	الثانية	الأولى
١	المباني	٥	١٥	٥٠	٢٠٠	أكثر من ٢٠٠
٢	الطرق	١٠	٣٠	١٠٠	٣٠٠	أكثر من ٣٠٠
٣	شبكات المياه والمجاري	١٠	٣٠	١٠٠	٣٠٠	أكثر من ٣٠٠
٤	الأعمال الكهربائية	٥	١٥	٥٠	٢٠٠	أكثر من ٢٠٠
٥	الأعمال الميكانيكية	٥	١٥	٥٠	٢٠٠	أكثر من ٢٠٠
٦	حفر الآبار	٢	سطحية	عميقة	—	—
٧	السدود	٥	—	١٥	٥٠	أكثر من ٥٠
٨	الصيانة والتشغيل	٣	١٠	٢٥	٥٠	أكثر من ٥٠

ويمكن أن نلاحظ عدم شمول نشاط وكالة تصنيف المقاولين للمقاولين الأجانب ، حيث لم يتم تصنيف أي من تلك الشركات بعد ، وذلك لعدة أسباب منها صعوبة الحصول على المعلومات اللازمة عن تلك الشركات وكذلك عن تأسيسها ومجال نشاطها تحت قوانين أجنبية ، وعدم رغبة معظم هذه الشركات في إفشاء أسرارها وعلاقاتها المالية والقانونية والفنية ، وتجري الآن محاولات لتذليل هذه الصعوبات وغيرها من المشاكل التي حالت دون تصنيف الشركات الأجنبية حتى الآن .

وحتى تكون عملية التصنيف إلزامية لجميع الشركات سواء منها ما يزاول نشاطه في القطاع الخاص أو العام ، وإلى أن يتم تحقيق هذا المبدأ بصورة عملية وفعالة فسوف يظل البعض لا يعبأ بعملية التصنيف لسبب أو لآخر .

وتعتبر عملية تصنيف المقاولين ذات أهمية بالغة بالرغم مما قد يبدو لبعض المقاولين من أنها تسبب لهم إحراجا أو كبحا لطموحهم كما يدعي البعض الآخر . فعملية التصنيف تضع كل مقاول في المكان المناسب له بين زملائه في ذات التخصص ، كما تحمي الحقوق العامة والخاصة من عبث العابثين ، بل وتحمي بعضاً من المقاولين أنفسهم من تطرفهم الذي قد تكون نتيجته نهايتهم كمقاولين .

٩ - ٩ الشركات المختلطة ومشكلة الوكالة

سبق أن أشرنا في فصل سابق من هذا الباب إلى لجوء الشركات الأجنبية التي تمارس نشاطها بالمملكة إلى استخدام « وكيل » سعودي تستطيع من خلاله التحايل على نظام حماية المقاولين السعوديين .

ويمكن القول بأن هذه المشكلة قد نشأت كنتيجة سلبية وحتمية للقفزة الكبيرة التي عاشتها المملكة خلال منتصف التسعينات ، حيث لم يكن باستطاعة المقاولين السعوديين استيعاب

الأعمال الكثيرة المعروضة في سوق التشييد . وبذا نشطت الشركات الأجنبية في هذا الميدان حيث خلا لها الجو تقريباً تعمل ما تشاء ، حتى حصلت تلك الشركات ومازالت تحصل على النصيب الأعظم من حجم الأعمال . وأصبح المقاولون السعوديون أنفسهم ينافسون شركات كثيرة من جنسيات مختلفة أكثر منهم خبرة وأقدر مالياً وفنياً . وعندما تدخلت الحكومة وأصدرت قرارات تشريعية لحمايتهم تمكنت الشركات الأجنبية من التحايل على تلك القرارات وإبطال مفعولها من الناحية العملية . فقد نصت تلك القرارات على وجوب إعطاء المشاريع التي تكون إحدى دوائر الحكومة أو مؤسساتها طرفا فيها للشركات السعودية أو السعودية المختلطة ، أو وجود « وكيل سعودي » للشركة الأجنبية ، وحيث أن معظم المشاريع الكبيرة في حجمها والمرتفعة في مستواها الفني تعتبر خارج نطاق قدرة معظم الشركات السعودية وحدها ، فما كان من الشركات الأجنبية إلا أن رفضت المشاركة الفعلية للشركات السعودية ، للحصول بدلا من ذلك على « وكيل سعودي » يتحقق من خلاله تحقيق الحد الأدنى من متطلبات النظام السالف الذكر ، بحيث لا يشارك في أي من الأعمال الحقيقية وتقتصر مهمته على استعمال اسمه ورقم سجله التجاري وكفالته لتوريد العمال وتوفير « ضمان العيوب الخفية للأعمال » وما شابه ذلك من الأمور الشكلية . وبذلك تحقق للشركات الأجنبية أكثر من هدف ، فهي تحرم الشريك السعودي من المشاركة الفعلية ، وبالتالي تحرمه من الأرباح الهائلة التى تجنيها من عملياتها . كما أنها تضمن أيضاً عدم تمكن الشريك السعودي من الحصول على الخبرة التقنية ، وهذا في حد ذاته أمر بالغ الأهمية بالنسبة للشركات الأجنبية ، فهي تضمن من خلاله استمرارية الوضع على ما هو عليه واستمرار الحاجة إلى نشاطها وأعمالها لمدد أطول . أما بالنسبة « للوكيل السعودي » فهو الآخر يجد الأمر جذابا ومقبولاً بالنسبة له ، فهو لا يخاطر في شيء على الإطلاق ، ومع ذلك يحصل على ما لا يقل عن ٣٪ من قيمة العملية ، والتي عادة ما تقدر بمئات الملايين من الريالات ، وبالتالي فإنه قد حصل بذلك على بضعة ملايين من الريالات دون عناء أو تعب أو مخاطرة فنية أو مالية .

وبذا يمكن القول أن نظام الوكالة لم يعد صالحاً لخدمة البلاد وحماية المقاولين السعوديين وتمكينهم من دخول السوق الحقيقية للتشييد . وبالتالي فلابد من إلغاء هذا النظام وفرض المشاركة الفعلية على جميع الشركات الأجنبية التي ترغب في البقاء في أسواق صناعة التشييد في المملكة .

لقد استشرى مرض الوكالة هذا ولابد من إيقافه حتى لا تزداد الأمور سوءاً . فبالرغم من وجود مئات الشركات الكبيرة التي تقوم بتنفيذ مشاريع التشييد في البلاد فإن معظم تلك الشركات مازالت أجنبية . وهناك عدد قليل يمكن حصره على رؤوس الأصابع من الشركات السعودية الأجنبية المختلطة في كل فئة من فئات التشييد .

أما البقية ، وهي الأغلبية العظمى ، فهي شركات أجنبية لها « وكيل سعودى » .

وقد بدأت بعض الدوائر الحكومية تشعر بالضرر الذي تسببه مشكلة الوكالة هذه ، فمنعت هذا النوع من الشركات من دخول مشاريعها ، وبذا فإنها أحسنت صنعاً بذلك ، ولكن لابد من وجود تشريع قوي يعيد الأمور إلى الوضع الطبيعي . صحيح أن هناك مجموعة من ضعاف

النفوس والأنانيين وقصار النظر بين المقاولين السعوديين ، ولكن هناك أيضاً مجموعة تعرف طريقها ومصلحتها ومصلحة البلاد وهي تعرف جيداً معنى « الوكالة » والفرق بينها وبين المشاركة الفعلية .

٩ - ١٠ تشجيع الدولة للمقاولين السعوديين وحمايتهم

لا يزال عدد كبير من المقاولين السعوديين محدودي الإمكانيات والخبرة بالرغم من الشوط البعيد الذي قطعته صناعة التشييد في المملكة . وقد كان للكميات الهائلة من الأعمال الحكومية والخاصة دور كبير في إفساح المجال أمام المقاولين الأجانب من مختلف الجنسيات لدخول السوق المحلية ، نظراً لأن إمكانيات تلك الشركات وخبراتها كبيرة جداً إذا قورنت بمعظم المقاولين السعوديين . وهكذا زاد حجم الأعمال كمّاً وكيفاً وبقيت الشركات الأجنبية تتحكم ، بل وتحتكر سوق التشييد ، ولازالت تمارس هذه السياسة بدرجة كبيرة ، وبقي معظم المقاولين السعوديين صغاراًمن حيث قدراتهم وإمكانياتهم وقليلي الخبرة في الأعمال المعقدة والمتقدمة من وجهة النظر الفنية . وقد أخذت الشركات الأجنبية تمارس سياسة تمييز في تسعيرها مما نتج عنه ارتفاع كبير ، لا مبرر له أحياناً ، في تكلفة الأعمال إذا ما قورنت بمثيلاتها في أي مكان آخر من العالم . وقد تدخلت الحكومة لحماية المقاولين السعوديين وأصدرت العديد من التشريعات نورد منها على سبيل المثال :

١ - الأمر التعميمي رقم ٣/هـ /٢٦٠١ بتاريخ ١٤٠١/٢/١٠ هـ القاضي بعدم قصر تعامل الأجهزة الحكومية على عدد محدود من المقاولين والموردين وإتاحة الفرصة للمقاولين السعوديين الذين تتوفر فيهم الشروط التي تؤهلهم للتعامل مع الحكومة ، ومعاملتهم على قدم المساواة مع غيرهم ، وقصر مقاولات الطرق والجسور العادية والمباني الصغيرة والمتوسطة على المقاولين السعوديين فقط دون غيرهم .

٢ - تم تشكيل لجنة بموجب الأمر رقم ٣٣٦٢ بتاريخ ١٤٠١/٦/١٠ هـ من وزراء المواصلات والصناعة والكهرباء والتخطيط والتجارة والمالية والاقتصاد الوطني لدراسة موضوع حماية المقاولين السعوديين ، وإلى أي حد يجب أن تسير الحكومة في تشريعاتها في هذا المجال دون الإخلال بالمصلحة العامة ، وقد توصلت اللجنة إلى التوصيات التالية :

أ - بذل أقصى الجهد في سبيل إتاحة الفرصة للمقاولين السعوديين لتنفيذ المشاريع الحكومية ، واعتبار ذلك من الأهداف الأولية التي يجب ملاحظتها بصورة مستمرة .

ب - تجزئة المشاريع إن أمكن ذلك ، حتى يتمكن المقاولون السعوديون من التأهيل لها وتنفيذها .

ج - مراقبة التزام المقاولين الأجانب بالمادة التي تتضمنها العقود والتي تلزم المقاول بالرجوع إلى الجهة الإدارية المتعاقد معها للموافقة مقدماً على التعاقد من

الباطن على بعض أعمال العقد ، ودفع المقاولين الأجانب لإعطاء المقاولين السعوديين فرصاً أفضل للعمل معهم .

د - قصر المقاولات غير الإنشائية مثل أعمال الإعاشة والصيانة والتشغيل والتنظيف والنقل وتوريد المواد الخام وما شابه ذلك من الأعمال على المقاولين السعوديين ، نظراً لأنه يتوفر لتأديتها عدد كبير منهم توفرت لديهم الخبرة اللازمة . على أن تعود اللجنة للانعقاد في المستقبل لمتابعة ما تم من إنجاز في هذا الاتجاه .

هذا وقد توجهت هذه التوصيات بالموافقة وصدر الأمر التعميمي رقم **٢٣٤٠١** بتاريخ **١٨/١٠/١٤٠١**هـ باعتماد تنفيذها .

مما تقدم يتضح أن هناك محاولة جادة لدعم المقاولين السعوديين ولإدخالهم ، بأعداد كبيرة ، في ميدان صناعة التشييد . وعلى المقاولين اغتنام الفرصة المتاحة وإثبات رغبتهم ، وبعد نظرهم للاستفادة من ذلك وعدم قبول مبدأ الوكالة للشركات الأجنبية والذي سبق الاشارة إليه في فصل سابق من هذا الباب لأن ذلك لن يكون في صالحهم ولا في صالح البلاد على المدى البعيد .

الباب العاشر

تطبيقات

تشهد المملكة العربية السعودية ومنطقة الخليج العربي نهضة كبيرة تشمل كافة مجالات العمل الإنساني مثل العمارة ، التشييد ، التصنيع ، إقامة الجامعات ومراكز البحوث ... إلخ ، وتحتاج هذه الأعمال إلى تصميم وتنفيذ مشاريع متعددة الحجم . ويبين هذا الباب بعض المشاريع التي تنفذ في الوقت الحالي بالمملكة العربية السعودية . كما يهدف هذا الباب أيضاً إلى تبصير القارىء عن كيفية عرض المشروع باستخدام طريقة المسار الحرج ، ونظراً لضيق المساحة المخصصة لهذا الباب فقد روعي الاختصار الذي لا يضر بغرس الفائدة المرجوة منه .

١٠ - ١ تكييف فرع أحد البنوك بالرياض

تقوم الشركة المنفذة بتصنيع المسالك وتوريد الأجزاء الأخرى والتركيب واختبار التشغيل . ويتكون هذا المشروع من الأنشطة التالية (مع الوصف اللازم لكل منها) :

١ - التجهيز والتقدير الأولي ـ حساب تقريبي لكثافة العمل في الموقع والورشة وتنسيق وصول المواد والمعدات في المواعيد المطلوبة .

٢ - تركيب المعدات الرئيسية ـ تركيب جزئي كل ماكينة وهما المروحة والمكثفات ، حيث تركب المكثفات مع الضواغط بأعلى المبنى ، أما المراوح فتوزع على الأدوار ، وقد وجد أن كل طابق من طوابق المبنى الثلاثة يحتاج إلى ثلاثة ماكينات ، أما القبو فيحتاج لماكينة واحدة .

٣ - تشكيل المسالك في الورشة ـ بعد تصميم المسالك حسب المواصفات المطلوبة يبدأ تصنيعها بالورشة الخاصة بالمقاول . ويحتاج كل دور إلى ٣٢ متراً من المسالك أما القبو فيحتاج إلى ٢٥ متراً .

٤ - نقل المسالك إلى الموقع وتجهيزها للتركيب ـ وتستغرق هذه العملية ثلاثة أيام نظراً لوجود سيارة واحدة لدى المقاول .

٥ - تركيب المسالك ـ ويشمل رفعها ثم تثبيتها حسب خريطة التكييف .

٦ - لحام الوصلات ونهايات المسالك ـ ويقوم بهذا العمل فني اللحام المعين بالورشة .

٧ - تركيب الطبقة العازلة ـ ويلاحظ أن تكاليف المتر من المسالك بالتركيب مع الطبقة العازلة تبلغ ٢٥٠ ريالاً .

٨ - تجميع أنابيب التكييف وتركيبها ـ
٩ - لحام وصلات الأنابيب وتوصيلها بالمعدات الرئيسية ـ

هذه الأنابيب مختلفة المقاسات (١/٤ ، ١/٢ ، ٣/٤) ويبلغ معدل تكلفة المتر الواحد حوالي ١٤ ريال .

١٠- تركيب الأسلاك الكهربائية والمفاتيح ـ وتشمل هذه العملية تركيب الأسلاك الكهربائية بين كل أجزاء الماكينات مع توصيلها بمصدر الكهرباء الرئيسي .

١١- تركيب المسخنات ـ وهي عبارة عن مقاومة يمر بها التيار الكهربائي لتسخين الهواء المار عليها . وتبلغ تكلفة المسخن الواحد ٩٠٠ ريال .

١٢- تركيب مثبطات الحرارة ـ وهي خاصة بالأمن والسلامة عند الارتفاع الكبير لدرجة الحرارة ـ ويتكلف كل منها حوالي ٤٠٠ ريال .

١٣- تركيب منظمات الحرارة ـ وتحتاج كل ماكينة لمنظم حرارة .

١٤- تركيب أنابيب التصريف ـ وتركب عند كل مروحة للتخلص من الماء الناتج من عملية التكثيف ، و تختلف أطوالها حسب بعد الماكينة عن أقرب مصرف .
ويحتاج هذا المشروع إلى حوالي ٦٧ متراً من نوع (P.V.C.) وتبلغ كلفة المتر حوالي ١٣ ريالاً .

١٥- إدخال نظام الهواء الطلق ـ وذلك بعمل فتحة خارجية لكل ماكينة لأن هواء التكييف يجب أن يحتوي على ٤٠٪ تقريباً من الهواء الطلق . وتحدد أبعاد هذه الفتحات حسب قوة ونوع الماكينة .

١٦- السقف الاصطناعي ـ وهو سقف إضافي لتغطية المسالك الهوائية. وتقوم بهذه العملية شركة أخرى من الباطن ، وهنا يجب مراعاة أوضاع فتحات التكييف (فتحات التزويد والاعادة) .

١٧- فتحات مراوح التهوية ـ حيث تحتاج دورات المياه إلى مراوح شفط .

١٨- إطارات مراوح التهوية ـ وهي إطارات من الخشب أو من البلاستيك ، حيث أن العقد لم ينص على نوعية هذه الاطارات .

١٩- تجميع المراوح وتركيبها ـ يحتاج المشروع إلى تركيب ثماني عشرة مروحة تبلغ كلفة الواحدة منها حوالي ١٠٠ ريال .

٢٠- اختبار الضغط والتدفق ـ وذلك للتأكد من عدم وجود رشح في الأنابيب قبل ضخ غاز التبريد ، ويتم هذا الاختبار باستعمال مضخات التفريغ وضخ غاز النيتروجين ومعايرة الضغط كل ست ساعات . وتحتاج هذه العملية في أغلب الأحيان إلى وقت طويل ، في حالة وجود تسرب أو توفر مضخة واحدة لدى المقاول .

٢١- ضخ الغاز في الأنابيب ـ يضخ غاز الفريون وفقاً للمواصفات الفنية .

٢٢- التحكم في منظمات الحرارة ـ وتعتبر إحدى مراحل الاختبار للمشروع .

٢٣- إدارة المكائن وتسليم المشروع .

جدول (١٠ - ١) قائمة الإحتياجات

النشـــاط	الرمز	يعتمد على	الوقت بالأيام	عدد العمال	الآلات والمعدات	عدد المهندسين
١ - دراسة الموقع على الخرائط والتقدير الأولي	أ	—	٥	—		٢
٢ - تركيب المعدات الرئيسية	ب	أ	١٠	٥		٢
٣ - تشكيل المسالك في الورشة	ج	أ	٥	٥	معدات ورش	٢
٤ - نقل المسالك إلى الموقع وتجهيزها للتركيب	د	ج	٣	٥	عربات نقل	—
٥ - تركيب مسالك التكييف عبر المبنى	هـ	د	٢	٥		٢
٦ - لحام الوصلات ونهايات المسالك	و	هـ	٢	٣	أدوات لحام	١
٧ - تركيب الطبقة العازلة للمسالك	ز	و	٢	٣		—
٨ - تجميع أنابيب التبريد وتركيبها	ح	أ	٣	٣		—
٩ - لحام وصلات الأنابيب وتوصيلها بالمعدات الرئيسية	ط	ح	١	٢	أدوات لحام	—
١٠- تركيب الأسلاك الكهربائية والمفاتيح	ي	ب ، ج	٥	٤		٢
١١- تركيب المسخنات	ك	ب ، ج	٢	٣		١
١٢- تركيب مشبطات الحرائق	ل	ب ، ج	٢	٣		١
١٣- تركيب منظمات الحرارة وأسلاك التحكم	م	ب	٣	٤		١
١٤- تركيب أنابيب التصريف	ن	ب	٢	٢		—

جدول (١٠ - ١) قائمة الإحتياجات (تابع)

النشـــاط	الرمز	يعتمد على	الوقت بالأيام	عدد العمال	الآلات والمعدات	عدد المهندسين
١٥- إدخال نظام الهواء الطلق	س	ب	٢	٥	أدوات هدم وتشييد	٢
١٦- السقف الخادع (الإضافي)	ع	ز،ك،ي، ل،م	١٤	—		—
١٧- فتحات مراوح التهوية في الحمامات	ف	—	٣	٣	أدوات هدم وتشييد	١
١٨- إطارات مراوح الحمامات	ص	ف	١	٣		—
١٩- تجميع المراوح وتركيبها	ق	ص	٢	٣		—
٢٠- اختبار الضغط والتدفق	ر	ط	١٥	—	مضخات تفريغ	٢
٢١- ضخ الغاز في الأنابيب	ش	ر	٥	٢		١
٢٢- التحكم في المنظمات الحرارية	ت	ش ، م	١	—		٢
٢٣- التشغيل النهائي والتسليم	ث	ن،س،ت ع،ق	١	١		١

التنفيذ ـ الطريقة الحالية

قامت الشركة بتنفيذ المشروع بطريقة غير مجدولة ، أي أنها لم تراع أي اعتمادية ، بل لم تستفد مطلقاً من طريقة المسار الحرج ، فهي تقوم بعد الانتهاء من نشاط ما بتنفيذ النشاط التالي له مباشرة ، إذ لم يقم المقاول بتنفيذ نشاطين في نفس الوقت . وقد استغرق تنفيذ المشروع ٩١ يوم عمل أي ما يعادل ١٠٦ يوم بما فيها الأجازات والعطلات الرسمية . وفيما يلي خطوات المشروع :

أ ـ ب ـ ج ـ د ـ هـ ـ و ـ ز ـ ح ـ ط ـ ي ـ ك ـ ل ـ
م ـ ن ـ س ـ ع ـ ف ـ ص ق ـ ر ـ ش ـ ت ـ ث .

الطريقة المقترحة

تبدأ هذه الطريقة بأخذ الاعتمادية للأنشطة في الاعتبار ، ويبين جدول (١٠ - ١) قائمة الأنشطة والاحتياجات للمشروع .

كما يبين جدول (١٠ - ٢) حسابات الشبكة التتابعية . ويمثل شكل (١٠ - ١) الشبكة التتابعية للمشروع . ونلاحظ هنا أن المسار الحرج هو :

أ ـ ب ـ ي ـ ع ـ ث

ويحتاج المشروع في هذه الحالة إلى ٣٥ يوماً لتنفيذه .

ويبين شكل (١٠ - ٢) مخطط المستقيمات مع الاحتياجات ، وقد تم جمعها في شكل واحد نظراً لشرحها بالتفصيل سابقاً .

التوزيع المنتظم للاحتياجات

يهدف التوزيع المنتظم للاحتياجات إلى تقليل التكلفة المتغيرة مع تقليل مدة التنفيذ الكلية للمشروع . ويبين الجزء التالي خطوات التوزيع المنتظم للاحتياجات على أساس تعيين اثنين من المهندسين فقط وخمسة عمال مع إمكانية جلب أي عمالة إضافية أثناء التنفيذ فقط .

الطريقة الحالية مدة التنفيذ ١٠٦ يوم (٩١ يوم عمل)

تكلفة العمال المعينين لدى المؤسسة = عدد الأيام × الأجرة اليومية × عدد العمال

= ١٠٦ × ٥٠ × ٥ = ٢٦٥٠٠ ريال

تكلفة المهندسين المعينين لدى المؤسسة = $\frac{١٠٦}{٣٠}$ × ٦٠٠٠ × ٢ = ٤٢٠٠٠ ريال

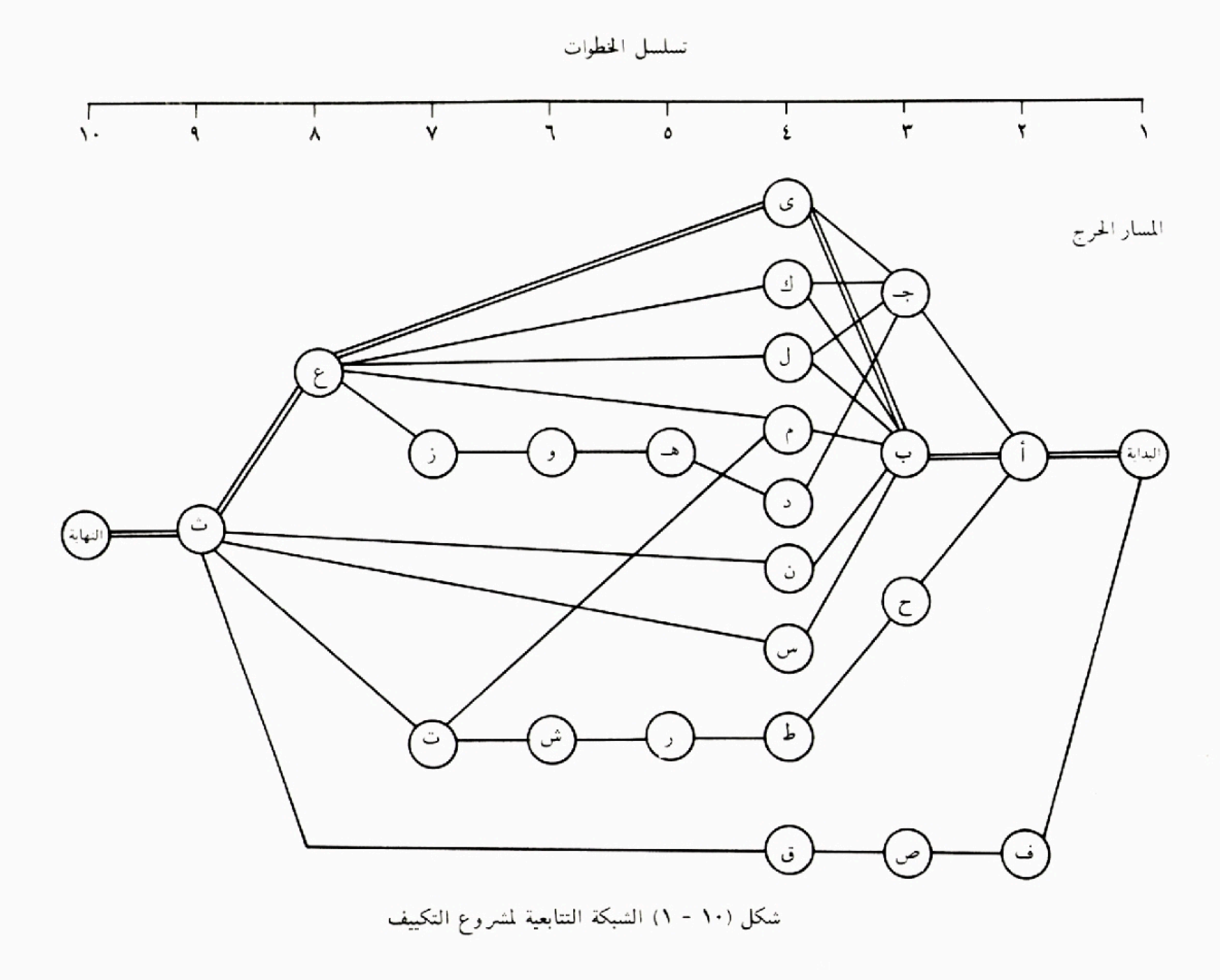
التكلفة الإجمالية المتغيرة = ٦٨٥٠٠ ريال

جدول (١٠ - ٢) حسابات الشبكة التتابعية

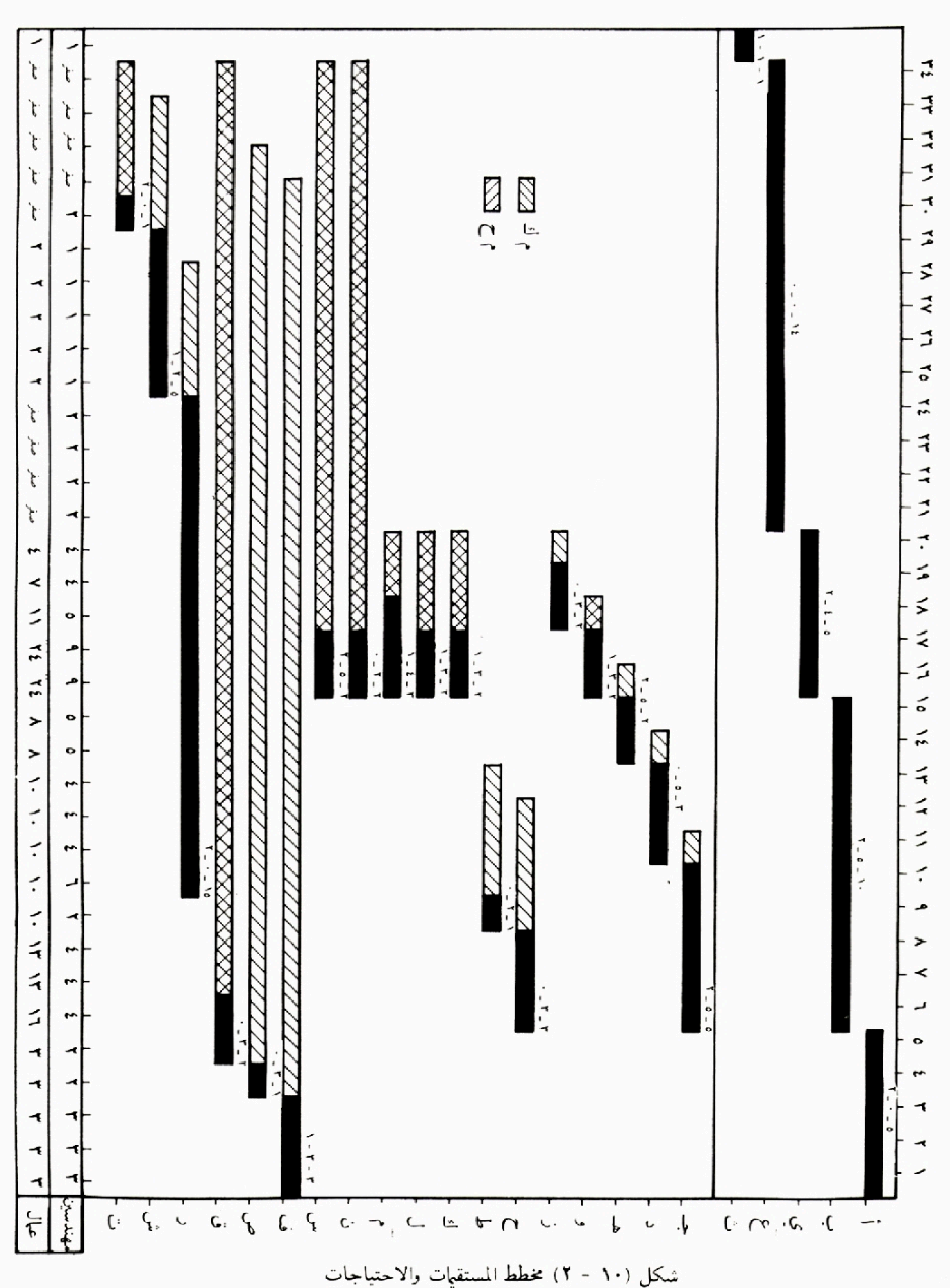
النشاط	النشاط السابق	الوقت	و ل ب	و ل ن	ض خ	م ح	م ك	م م	م غ	و ر ب	و ر ن
بداية	—	٠	—	—	—	—	—	—	—	—	—
أ	بداية	٥	٠	٥	٠	٠	٠	حرج	حرج	٠	٥
ف	بداية	٣	٠	٣	٠	٠	٢٨	٢٨		٢٨	٣١
ب	أ	١٠	٥	١٥	٠	٠	٠	حرج	حرج	٥	١٥
ح	أ	٥	٥	١٠	٠	٠	١	١		٦	١١
د	ح	٣	١٠	١٣	٠	٠	١	١		١١	١٤
هـ	د	٢	١٣	١٥	٠	٠	١	١		١٤	١٦
و	هـ	٢	١٥	١٧	٠	٠	١	١		١٦	١٨
ز	و	٢	١٧	١٩	٠	١	١	٠		١٨	٢٠
ح	أ	٣	٥	٨	٠	٠	٤	٤		٩	١٢
ط	ح	١	٨	٩	٠	٠	٤	٤		١٢	١٣
ي	ب ح	٥	١٥	٢٠	٠ ٥	٠	٠	حرج	حرج	١٥	٢٠
ك	ب ح	٢	١٥	١٧	٠ ٥	٣	٣	٠		١٨	٢٠
ل	ب ح	٢	١٥	١٧	٠ ٥	٣	٣	٠		١٨	٢٠

جدول (١٠ - ٢) حسابات الشبكة التتابعية (تابع)

النشاط	النشاط السابق	الوقت	و ل ب	و ل ن	ض خ	م ح	م ك	م م	م غ	و ر ب	و ر ن
م	ب	٣	١٥	١٨	٠	٢	٢	٠		١٧	٢٠
ن	ب	٢	١٥	١٧	٠	١٧	١٧	٠		٣٢	٣٤
س	ب	٢	١٥	١٧	٠	١٧	١٧	٠		٣٢	٣٤
ع	ز ك ي ل م	١٤	٢٠	٣٤	١ ٣ ٠ ٣ ٢	٠	٠	حرج	حرج	٢٠	٣٤
ص	ف	١	٣	٤	٠	٠	٢٨	٢٨		٣١	٣٢
ق	ص	٢	٤	٦	٠	٢٨	٢٨	٠		٣٢	٣٤
ر	ط	١٥	٩	٢٤	٠	٠	٤	٤		١٣	٢٨
ش	ر	٥	٢٤	٢٩	٠	٠	٤	٤		٢٨	٣٣
ت	ش م	١	٢٩	٣٠	٠ ٦	٤	٤	٠		٣٣	٣٤
ث	ن س ع ق ت	١	٣٤	٣٥	١٧ ١٧ ٠ ٢٨ ٤	٠	٠	حرج	حرج	٣٤	٣٥
نهاية	ث	٠	٣٥	٣٥	٠		حرج	حرج	حرج	٣٥	٣٥



شكل (١٠ - ١) الشبكة التتابعية لمشروع التكييف



شكل (١٠ - ٢) مخطط المستقيمات والاحتياجات

الطريقة المقترحة الأولى

وتهدف هذه الطريقة إلى حساب التكاليف المتغيرة بدون أي توزيع منتظم للاحتياجات كما هو مبين في شكل (١٠ - ٢) .

مدة التنفيذ ٤٠ يوما (٣٥ يوم عمل)

تكلفة العمال المعينين لدى المؤسسة = ٤٠ × ٥٠ × ٥ = ١٠٠٠٠ ريال

تكلفة المهندسين المعينين لدى المؤسسة = $\frac{٤٠}{٣٠}$ × ٦٠٠٠ × ٩ = ٥٩٤٠٠ ريال

(يلاحظ أنه لا يمكن جلب مهندسين للعمل باليومية ، لذا يجب تعيين الحد الأقصى من المهندسين المطلوبين وفقاً لتوزيع الاحتياجات) .

تكلفة العمال الإضافية = (١١×١ + ٨ × ٢ + ٥ × ٥ + ٣ × ٢ + ١٩ × ٢ + ٦ + ٢) × ٥٠
= ٥٢٠٠ ريال

التكلفة الإجمالية المتغيرة = ٧٤٦٠٠ ريال .

التوزيع المنتظم للاحتياجات ـ مع ثبات مدة التنفيذ

يلاحظ أنه بعد الانتهاء من التوزيع المنتظم للاحتياجات مع ثبات مدة التنفيذ كما هو مبين في شكل (١٠ - ٣) ، يمكن تعيين العمال ابتداءً من اليوم السادس وعلى ذلك تكون التكلفة المتغيرة كالتالي :

تكلفة عمال الشركة الأساسين = ٣٤ × ٥٠ × ٥ = ٨٥٠٠ ريال

تكلفة المهندسين = $\frac{٤٠}{٣٠}$ × ٦٠٠٠ × ٧ = ٤٦٢٠٠ ريال

تكلفة العمال الإضافيين = = ٤٧٠٠ ريال

وتكون التكلفة الإجمالية المتغيرة = ٥٩٤٠٠ ريال

التوزيع المنتظم للاحتياجات ـ مع ثبات القوى العاملة

بسؤال الشركة المنفذة ، وجد أنها تفضل تعيين اثنين من المهندسين فقط حيث أنها لو قامت بتعيين أكثر من اثنين من المهندسين ، فإن ذلك يسبب لها خسارة على المدى البعيد نظراً لأن طبيعة عمل الشركة لا يحتاج لعدد كبير من المهندسين . وقد وضعت هذه النقطة كهدف أساسي للتوزيع المنتظم للاحتياجات والموضح على شكل (١٠ - ٤) ويمثل ذلك الاقتراح النهائي التي ستأخذه الشركة بعين الاعتبار . وفيما يلي تكلفة هذا الاقتراح النهائي :

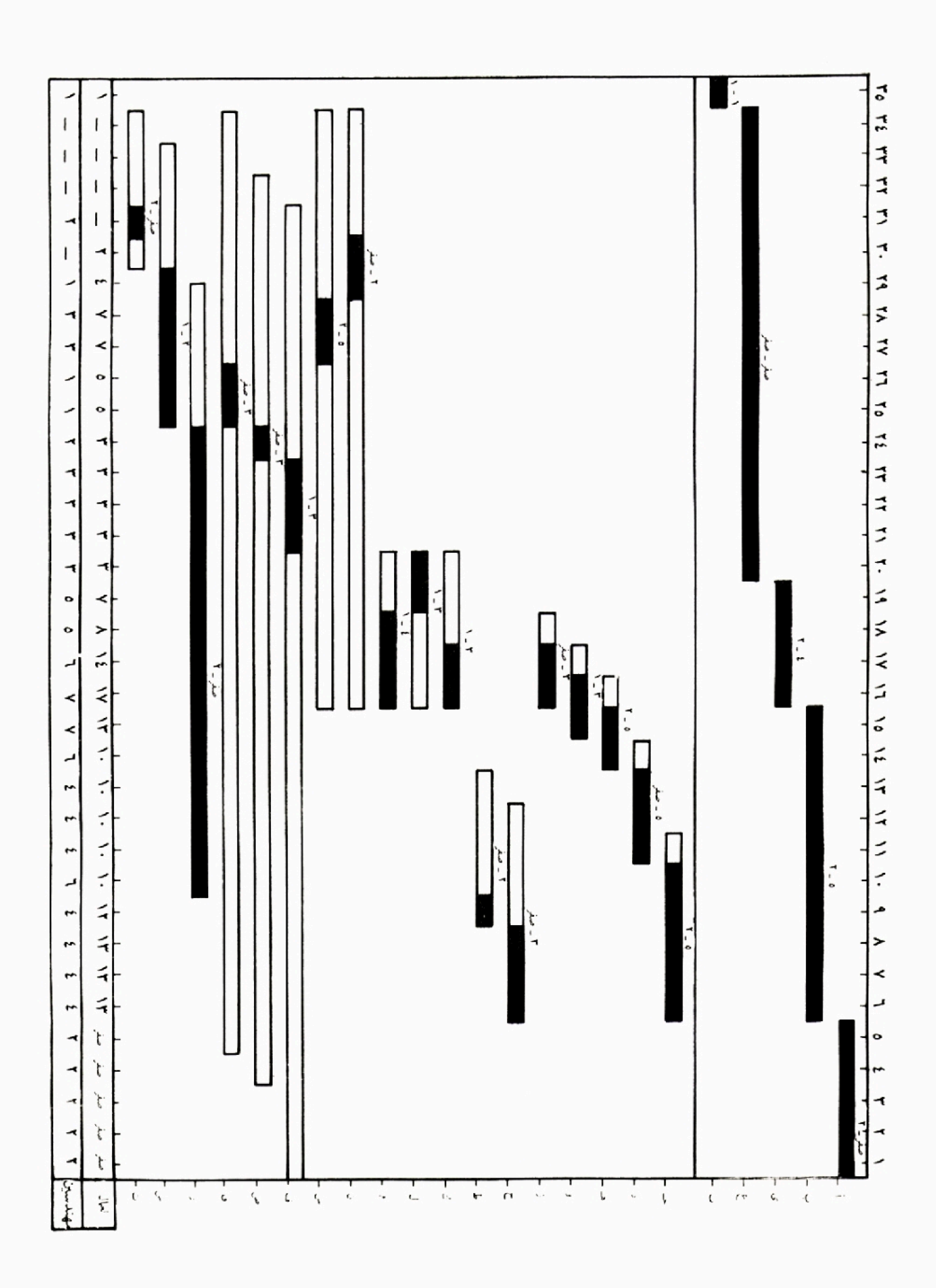
مدة التنفيذ ٦٣ يوما (٥٦ يوم عمل)

تكلفة العمال الأساسيين = ٦٣ × ٥٠ × ٥ = ١٥٧٠٠ ريال

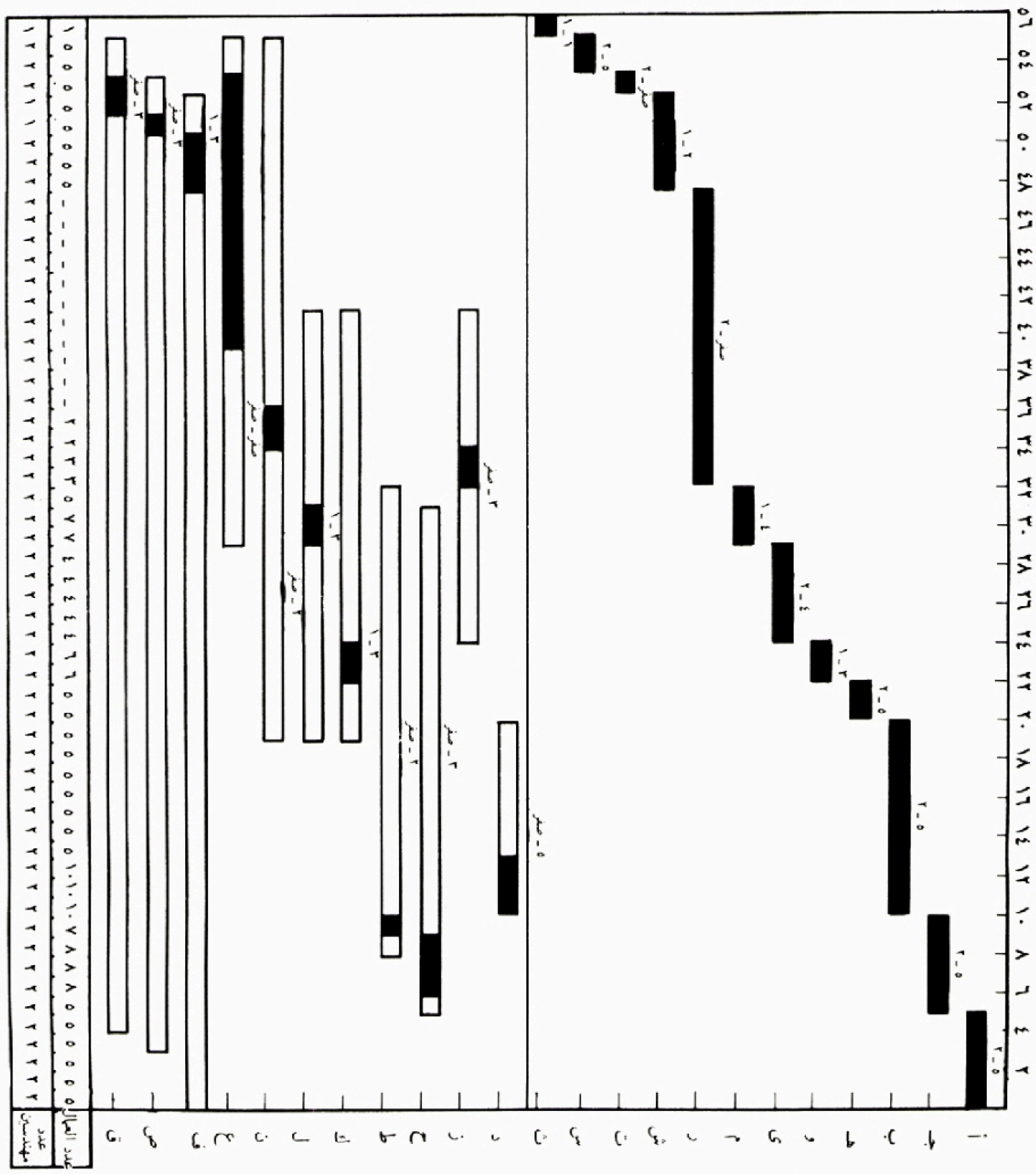
تكلفة المهندسين = $\frac{٦٣}{٣٠}$ × ٦٠٠٠ × ٢ = ٢٥٢٠٠ ريال

تكلفة العمال الإضافيين = ٣٤٥٠ ريال

التكلفة الإجمالية المتغيرة = ٤٤٣٥٠ ريال



شكل (١٠ - ٣) التوزيع المنتظم للاحتياجات مع ثبات مدة التنفيذ



شكل (١٠ - ٤) التوزيع المنتظم للاحتياجات مع تعيين ٢ مهندسين فقط

١٠ - ٢ بناء استراحة بإحدى المزارع

يتكون هذا المشروع من بناء قصر داخل مزرعة كبيرة لاستخدامه كاستراحة . وتقع هذه المزرعة على بعد حوالي ٢٠ كم من مدينة الخرج ، وتبلغ مساحة الأرض المراد إقامة القصر عليها ٢٠٠٠ م٢ . ويشتمل المشروع أيضاً على بناء مسجد ومسبحين وبحيرة صناعية ، بالإضافة إلى تنسيق الحدائق المحيطة بالقصر . وفي هذا المشروع سيقوم المقاول بتوريد المعدات اللازمة للبناء : مواد البناء وتأثيث القصر . ومما يجدر ذكره أن العقد ينص على أن مدة التنفيذ هي سنة كاملة تبدأ من ١٤٠٠/١١/٢٠ هـ وتنتهي بحول الله في ١٤٠١/١١/٢٠ هـ .

وقد تمت الدراسة على الجزء المتبقي من المشروع وذلك ابتداءً من ١٤٠١/٦/٢٨ هـ ، وهذا الجزء يشتمل على الأنشطة التالية :

١ - عمليات الحفر

وتخص التمديدات للمجاري والكهرباء الرئيسية والبحيرة والمسابح وأساسات المسجد .

العمال - العدد	العمال - النوع	المعدل/ساعة*	التكلفة ـ الريال
١١	عامل عادي	٢ م٣	٢٠٠٠٠
٣	سائق حفار وشيول وقلاب	٢٠ م٣	١٤٠٠٠

	المعدات	المعدل/ساعة	التكلفة ـ الريال
١	حفار وشيول	٢٠ م٣	ملك المقاول
١	قلاب	٢٠ م٣	ملك المقاول

مدة التنفيذ التقديرية للنشاط ٦ أسابيع .
التكلفة الإجمالية المتغيرة ٤٠٠٠٠ ريال .

٢ - الماء والكهرباء والمجاري

وتشمل بناء البيارات والتمديدات الرئيسية للماء والكهرباء .

العمال - العدد	العمال - نوع العامل	المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
٢	كهربائي	—	
٣	سباكين	—	٢٠٠٠٠
٦	عامل عادي	—	

* عدد ساعات العمل اليومية هي ثماني ساعات .

وقت النشاط التقديري ٣ أسابيع .
المواد المستخدمة مواسير زهر ـ أسلاك كهربائية .

٣ - عمل الخرسانة للمسجد ودورة المياه والممرات .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٨	بناء	—	
٣	عامل	—	٥٠٠٠

وقت النشاط التقديري ٦ أسابيع .
المواد المستخدمة حديد ـ أسمنت ـ جرول ـ رمل ـ ماء .

٤ - بناء جدران المسجد ودورة المياه والخزانات

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٨	بناء	—	
٤	عامل	—	١٥٠٠٠

وقت النشاط التقديري ٤ أسابيع .
المواد المستخدمة طوب ـ بلك .

٥ - التلييس

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٣	مليس	—	
٢	عامل	—	١٥٠٠٠

وقت النشاط التقديري ٧,٥ أسابيع .
المواد المستخدمة أسمنت ـ رمل ـ ماء .

٦ - الدهان والتبليط : خاص بالممرات والمسجد ودورة المياه

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نـوع العامل		
٣	دهان	—	
٣	مبلـط	—	٣٠٠٠
٢	عامــل	—	

وقت النشاط التقديري ٢ أسبوع .
المواد المستخدمة دهان ـ بلاط ـ رخام .

٧ - تمديدات الأنابيب الصحية

التمديدات النهائية بين القصر والبيارات الخارجية للحمامات والمطابخ .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نـوع العامل		
٤	سبــاك	—	
٢	عمــال	—	١٥٠٠

وقت النشاط التقديري ٤ أسابيع .
المواد المستخدمة مواسير ـ أنابيب صحية .

٨ - عمل القيشاني : خاص بالحمامات والمطابخ في القصر

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نـوع العامـل		
٥	مبلـط	—	
٤	عامــل	—	٥٠٠٠

وقت النشاط التقديري ٧ أسابيع .
المواد المستخدمة بلاط قيشاني ـ جبس .

٩ - الإضاءة الداخلية

وتشمل تركيب الأفياش والنجفات والأبجورات ومفاتيح الأنوار والثريات .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٥	كهربائي	—	٧٠٠٠٠

وقت النشاط التقديري ٣ أسابيع .

١٠ - توصيل خطوط الكهرباء الرئيسية .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٥	كهربائي	—	٥٠٠٠

وقت النشاط التقديري ١ أسبوع .
المواد المستخدمة كابلات كهرباء ـ أسلاك .

١١ - التهوية والتكييف

ويشمل التكييف المركزي للقصر وإيجاد مخارج للهواء في الحمامات والمطابخ والمدافىء .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٢	مهندسين مشرفين	—	٢٠٠٠٠
٥	كهربائي	—	

وقت النشاط التقريبي ٥ أسابيع .

١٢ - تغطية السقوف بالأرمسترنج

يتم استخدام سقف مستعار وذلك لتغطية أنابيب التكييف المركزي .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٣	فنييــــن	—	١٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .

١٣ - خزانات الماء وتمديداته

يتم بناء خزانات للمياه وإجراء التوصيلات إلى داخل القصر .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٦	ســــباك	—	٢٠٠٠٠
٦	عامـــل	—	

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .

١٤ - تشييد النوافذ والأبواب

عمل النوافذ والأبواب من الخشب وتكون النوافذ من الخارج ألومنيوم .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٨	نجــار	ـ	
٣	عامــل	ـ	٤٥٠٠٠
٤	حــداد	ـ	

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .
المواد المستخدمة خشب ـ ألومنيوم ـ مقابض حديد .

١٥ - طلاء الجدران بالبوية

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العمال		
٧	دهــان	ـ	٣٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٨ أسابيع .
المواد المستخدمة بوية .

١٦ - عمل الطبلونات الرئيسية وشبك الخطوط العامة

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٢	كهربائـي	ـ	٣٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٢ أسبوع .
المواد المستخدمة عدادات ـ وأسلاك .

١٧ - عمل التمديدات الرئيسية للمياه والبيارات

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٣	سباك	—	
٣	عامل	—	٥٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .

١٨ - فرش الأرضية بالسجاد

يتم فرش أرضية جميع غرف القصر بالسجاد .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٤	فني	—	١٤٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي أسبوع .
المواد المستخدمة (سجاد إيراني) .

١٩ - تركيب الستائر والأثاث

تم تجهيز الأثاث حسب المقاييس الموضوعة على الخرائط وتم تصنيعه في اسبانيا .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٣	فني	—	
٣	نجار	—	٥٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .

٢٠ - التشطيب الداخلي

ويشمل جميع النواقص في الأنشطة السابقة .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٢	مهنـــدس	—	٣٥٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .

٢١ - تغطية السقوف السفلية بالقرميد

يتم تغطية السقوف الخارجية السفلية بالقرميد .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٥	بنـاء	—	٨٠٠٠٠
٥	عامـل	—	

وقت النشاط التقريبي ٤ أسابيع .

٢٢ - إنشاء السقوف الرئيسية

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
١٠	بناء	—	٦٠٠٠٠٠
١٥	عامـل	—	

وقت النشاط التقريبي ٤ أسابيع .

٢٣ - تنظيم الممرات والحدائق

يتم عمل الممرات وزرع الشجرات والورود في الحديقة المحيطة بالقصر وحول المسابح والبحيرة .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٢	بنـاء	—	
٢	مـزارع	—	١٢٠٠٠٠
٦	عامـل	—	

وقت النشاط التقريبي ٢ أسبوع .

٢٤ - دربزينات الممرات والسلالم وجسر البحيرة

ويتم عمل دربزينات من الحديد والألومنيوم للممرات والسلالم والجسر المقام في وسط البحيرة .

العمـــال		المعدل/ساعة	التكلفة ـ ريال
عدد	نوع العامل		
٢	حـداد	—	
٣	عامـــل	—	٥٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٢ أسبوع .

٢٥ - أعمـال البحيرة

يتم تجهيز البحيرة وصب أرضيتها بالخرسانة وعمل مصفًى للماء .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة - ريال
عدد	نوع العامل		
١٤	بناء	—	
٤	سباك	—	٥٥٠٠٠
٢	فني	—	

وقت النشاط التقريبي ٨ أسابيع .

٢٦ - الإضاءة الخارجية

تشمل تركيب اللمبات على السور وفي الحديقة والمسجد والنافورة .

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة - ريال
عدد	نوع العامل		
٤	كهربائي	—	٧٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٢ أسبوع .

٢٧ - تركيب الدفايات داخل القصر

العمال		المعدل/ساعة	التكلفة - ريال
عدد	نوع العامل		
٢	فني أعمال تكييف	—	٩٠٠٠٠

وقت النشاط التقريبي ٣ أسابيع .

ويبين جدول (١٠ - ٣) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع . كما يبين جدول (١٠ - ٤) حسابات الوقت الأول والأخير له بالتقويم الهجري . وقد أخذ في الاعتبار التحديث الذي تم بناءاً على تنفيذ الجزء الأول من المشروع وهو على النحو التالي :

جدول (١٠ - ٣) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع

رمز النشاط	النشاط السابق	وقت النشاط (أسبوع)	الوقت الأول		ض خ	م ح	م ك	م م	الوقت الأخير		النشاط الحرج
			و ل ب	و ل ن					و ر ب	و ر ن	
البداية		٠									*
أ		٦	٠	٦		٠	٠		٠	٦	*
ب		٤	٠	٤		٠	١	١	١	٥	
ج		٧,٥	٠	٧,٥		٠	٤,٥	٤,٥	٤,٥	١٢	
د		٢	٠	٢		٠	١	١	١	٣	
هـ		٤	٠	٤		٠	١	١	١	٥	
و		٥	٠	٥					٠	٥	*
ز		٨	٠	٨		٠	٨	٨	٨	١٦	
ح	د	٦	٢	٨	٠	١	١	٠	٣	٩	
ط	د	٧	٢	٩	٠	١	٣	٢	٥	١٢	
ي	ب د هـ و	٣	٥	٨	١ ٣ ١ ٠	٠	١	١	٦	٩	
ك	ب د هـ و	١	٥	٦	١ ٣ ١ ٠	٠			٥	٦	*
ل	أ ك	٣	٦	٩	٠ ٠	٠	٠		٦	٩	*
م	أ ك	٣	٦	٩	٠ ٠	٠	٠		٦	٩	*
ن	أ ك	٤	٦	١٠	٠ ٠	٠	٢	٢	٨	١٢	
س	أ ك	٨	٦	١٤	٠ ٠	٠	٢	٢	٨	١٦	

جدول (١٠ - ٣) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع (تابع)

رمز النشاط	النشاط السابق	وقت النشاط (أسبوع)	الوقت الأول		ض خ	م ح	م ك	م م	الوقت الأخير		النشاط الحرج
			و ل ب	و ل ن					و ر ب	و ر ن	
ع	أ ك	٣	٦	٩	٠ ٠	١	٣	٢	٩	١٢	
ف	ي أ ك	٣	٨	١١	٠ ٢ ٢	٠	١	١	٩	١٢	
ص	ح ي ط ل م ن ع	٣	١٠	١٣	٢ ٢ ١ ١ ١ ٠ ١	١	٣	٢	١٣	١٦	
ق	ح ي ط ل م ن ع	٣	١٠	١٣	٢ ٢ ١ ١ ١ ٠ ١	١	٣	٢	١٣	١٦	
ر	ح ي ل م	٢	٩	١١	١ ١ ٠ ٠	٠	١	١	١٠	١٢	
ش	ح ي ل م	٣	٩	١٢	١ ١ ٠ ٠	٠	٠		٩	١٢	*

جدول (١٠ - ٣) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع (تابع)

رمز النشاط	النشاط السابق	وقت النشاط (أسبوع)	الوقت الأول		ض خ	م ح	م ك	م م	الوقت الأخير		النشاط الحرج
			و ل ب	و ل ن					و ر ب	و ر ن	
ت	ح ي ل م	٢	٩	١١	١ ١ ٠ ٠	٠	١	١	١٠	١٢	
ث	ط ش ر ف ن ت ع	١	١٢	١٣	٣ ٠ ١ ١ ٢ ١ ٣	١	٣	٢	١٥	١٦	
أ أ	ط ر ف ن ت ع	٣	١١	١٤	٢ ٠ ٠ ١ ٠ ٢	٠	٢	٢	١٣	١٦	
ب ب	ح ط ش ر ف ن ت ع	٦	١٢	١٨	٤,٥ ٣ ٠ ١ ١ ٢ ١ ٣	٠	٠		١٢	١٨	*

جدول (١٠ - ٣) حسابات الشبكة التتابعية للمشروع (تابع)

رمز النشاط	النشاط السابق	وقت النشاط (أسبوع)	الوقت الأول		ض خ	م ح	م ك	م م	الوقت الأخير		النشاط الحرج
			و ل ب	و ل ن					و ر ب	و ر ن	
ح ح	ح ص ز ث أ أ ق س	٢	١٤	١٦	٦,٥ ١ ٦ ١ ٠ ١ ٠	٢	٢	٠	١٦	١٨	
د د	ب ب ح ح	٢	١٨	٢٠	٠ ٢	٠	٠		١٨	٢٠	*
النهاية	د د	٠	٢٠	٢٠	٠	٠	٠		٢٠	٢٠	*

١ - تأخر بدء النشاط (ح) أسبوعاً ، وقد استغل هذا الأسبوع من المرونة الوقتية الحرة للنشاط ، ولذا لم يتأخر البدء الأول لأي نشاط لاحق للنشاط (ح) .

٢ - تم كذلك تأخير بدء النشاط (ط) أسبوعاً ، وذلك من المرونة الوقتية الحرة له .

٣ - تأخر بدء النشاط (ع) أسبوعاً من المرونة الوقتية الحرة له .

٤ - تم تنفيذ النشاط (ح) على مرحلتين وذلك على النحو التالي :
المرحلة الأولى من بداية العمل حتى نهاية الأسبوع الثالث .
المرحلة الثانية من منتصف الأسبوع السابع حتى نهاية الأسبوع الحادي عشر . وقد تم ذلك خلال المرونة الوقتية الكلية للنشاط ولم يؤثر على بداية النشاطين (ب ب ، ح ح) لأن بدايتهما لا تتوقف على النشاط (ح) .

٥ - تم تنفيذ النشاط (ز) على مرحلتين ، تبدأ الأولى من بداية المشروع حتى نهاية الأسبوع الثالث وتبدأ المرحلة الثانية من بداية الأسبوع التاسع حتى نهاية الأسبوع الثالث عشر .
وقد تم ذلك التأخير من المرونة الوقتية الكلية للنشاط .
ويوضح شكل (١٠ - ٥) مخطط المستقيات للمشروع بعد التحديث .

جدول (١٠ - ٤) حسابات المشروع بالتقويم الهجري

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (أسبوع)	و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن
أ		٦	١٤٠١/٦/٢٨	٨/٩	٦/٢٨	٨/٩
ب		٤	٦/٢٨	٧/٢٤	٧/٥	٨/٢
ج		٧,٥	٦/٢٨	٩/١٥	٧/٢٩	٩/٢٢
د		٢	٦/٢٨	٧/١٠	٧/٥	٧/١٧
هـ		٤	٦/٢٨	٧/٢٤	٧/٥	٨/٢
و		٥	٦/٢٨	٨/٢	٦/٢٨	٨/٢
ز		٨	٦/٢٨	٩/٢٩	٨/٢٥	١٠/٢٠
ح	د	٦	٧/١٢	٨/٢٣	٧/١٩	٩/١
ط	د	٧	٧/١٢	٩/١	٨/٤	٩/٢٢
ي	ب ، د ، هـ ، و	٣	٨/٤	٨/٢٣	٨/١١	٩/١
ك	ب ، د ، هـ ، و	١	٨/٤	٨/٩	٨/٤	٨/٩
ل	أ ، ك	٣	٨/١١	٩/١	٨/١١	٩/١
م	أ ، ك	٣	٨/١١	٩/١	٨/١١	٩/١
ن	أ ، ك	٤	٨/١١	٩/٨	٨/٢٥	٩/٢٢
س	أ ، ك	٨	٨/١١	١٠/٦	٨/٢٥	١٠/٢٠
ع	أ ، ك	٣	٨/١١	٩/١	٩/٣	٩/٢٢
ف	ي ، أ ، ك	٣	٨/٢٥	٩/١٥	٩/٣	٩/٢٢
ص	ح ، ي ، ط ، ل ، م ، ن ، ع	٣	٩/١٠	٩/٢٩	١٠/١	١٠/٢٠
ق	ح ، ي ، ط ، ل ، م ، ن ، ع	٣	٩/١٠	٩/٢٩	١٠/١	١٠/٢٠
ر	ح ، ي ، ل ، م	٢	٩/٣	٩/١٥	٩/١٠	٩/٢٢
ش	ح ، ي ، ل ، م	٣	٩/٣	٩/٢٢	٩/٣	٩/٢٢
ت	ح ، ي ، ل ، م	٢	٩/٣	٩/١٥	٩/١٠	٩/٢٢
ث	ط ، ش ، ر ، ف ، ن ، ت ، ع	١	٩/٢٤	٩/٢٩	١٠/١٥	١٠/٢٠
أ أ	ط ، ر ، ف ، ن ، ت ، ع	٣	٩/١٧	١٠/٦	١٠/١	١٠/٢٠
ب ب	ح ، ط ، ش ، ر ، ف ، ن ، ت ، ع	٦	٩/٢٤	١١/٥	٩/٢٤	١١/٥
ج ج	ح ، ص ، ز ، ت ، أ أ ، ق ، س	٢	١٠/٨	١٠/٢٠	١٠/٢٢	١١/٥
د د	ب ب ، ح ح	٢	١١/٧	١١/١٩	١١/٧	١١/١٩

الشهر	جمادى الثانية	رجب				شعبان				رمضان				شوال					ذي القعدة	
الاسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠
اليوم	٢٨	٥	١٢	١٩	٢٦	٤	١١	١٨	٢٥	٣	١٠	١٧	٢٤	١	٨	١٥	٢٢	٢٩	٧	١٤
ح																				
ي																				
أ																				
ب																		م ك		
جـ																		م ح		
د																				
هـ																				
ط																				
ص																				
ك																				
و																				
ش																				
ل																				
م																				
ز																				
ر																				
ف																				
ث																				
أأ																				
ق																				
ن																				
ب ب																				
د د																				
ت																				
س																				
حـ حـ																				
ع																				

شكل (١٠ - ٥) مخطط المستقيمات

١٠ - ٣ أعمال الإنارة لبعض شوارع مدينة الرياض

يعتبر هذا المشروع جزءاً من المرحلة الرابعة لتحسين وتجميل شوارع مدينة الرياض ويوضح الجزء التالي وصفاً عاماً للمشروع مع بعض الشروط الفنية له :

١ - تتضمن الأعمال الكهربائية التوريد والتركيب والتجربة والاستلام ، بالاضافة إلى جميع الأعمال الأخرى اللازمة لتنفيذ شبكات الإنارة الخارجية .

٢ - يجب أن تكون جميع الأعمال الكهربائية مطابقة لتوصيات الجمعية الدولية للكهرباء .

٣ - يجب توريد المواد والتجهيزات المستعملة من أحدث الأنواع ومن شركات ذات سمعة عالمية .

٤ - نظراً لتعدد الشركات المصنّعة لأجهزة الإنارة وتعدد أشكال أجهزة الإنارة واختلاف مواصفاتها الضوئية ، فإنه يجب على المقاول التأكد من مطابقة الأجهزة المقدمة مع الشروط الفنية المطلوبة وتقديم دراسة من قبل الشركة المصنّعة لكل نموذج إنارة .

٥ - على المقاول قبل مباشرة العمل بتسعين يوماً على الأقل تقديم جميع الكتالوجات والنشرات الفنية والدراسات وأخذ موافقة المهندس المشرف على المشروع عليها .

٦ - على المقاول التنسيق بين الأعمال الكهربائية وأعمال الطرق بحيث لا يحدث تعارض بينهما وخاصة فيما يتعلق بوضع المواسير وقواعد الأعمدة قبل الانتهاء من أعمال الطرق .

٧ - لا يجوز للمقاول إحداث تغييرات في مسار الكابلات ومواقع الأعمدة والمحولات إلا للضرورة وبعد موافقة مهندس المشروع .

٨ - يجب التأكد من صلاحية الشبكات قبل التركيب .

٩ - يجوز للمهندس أن يطلب من المقاول القيام بأي تجارب أو فحوصات يراها ضرورية وتكون على نفقة المقاول .

١٠- يجب على المقاول التنسيق بين الإنارة الموجودة والإنارة الجديدة عند تقاطع الطرق .

وقد تم تقسيم هذا المشروع إلى الأنشطة الرئيسية التالية مع الوصف اللازم لكل منها :

١ - توريد مواسير البلاستيك

تستعمل هذه المواسير لتمديد الكابلات الأرضية وهي من البلاستيك .P.V.C ذات المقاومة العالية ، حيث ستدفن هذه المواسير على عمق ٦٠ سم تحت مستوى سطح الرصيف أو أرضية الجزيرة في منتصف الشوارع وبعمق من ٨٠ إلى ١٠٠ سم تحت مستوى سطح أسفلت الشوارع في التقاطعات . ويبلغ قطر الماسورة ١٠ سم بحيث لا يقل سمكها عن ٢ مم وتكون مجهزة بجميع وسائل التوصيل والربط والأكواع اللازمة ، وتكون أطرافها معدة للتوصيل مع المواسير التالية لها . ويجب أن تكون المواسير مستقيمة تماماً بدون انحناء أو شقوق أو كسور أو انتفاخ . وعلى المقاول تقديم الكتالوجات التي توضح خصائص مواصفات هذه المواسير وطرق توصيلها .

٢ - الحفريات وتمديد مواسير البلاستيك

يتم حفر خنادق التمديدات في المواقع المحددة وتكون بعرض من ٣٠ إلى ٤٠ سم من الأسفل وبعمق ٦٠ سم تحت مستوى سطح الرصيف والجزر التي في منتصف الشارع ، أما عند التقاطعات فيتناسب عرض الخندق من الأسفل مع عدد المواسير المركبة فيه . ثم تفرش بعد ذلك طبقة من الرمل الناعم سمكها حوالي ١٠ سم وتمدد فوقها المواسير مع سلك الأرضي ثم تغطى بطبقة أخرى من الرمل الناعم يبلغ سمكها حوالي ٢٠ سم ويستمر العمل كالمعتاد حتى الانتهاء من الرصيف أو الطريق .

٣ - إنشاء غرف التفتيش

تنفذ حفرة التفتيش بجوار كل عامود إنارة وتكون ملاصقة لقاعدته أو تبعد عنها قليلاً وفقاً لطبيعة الموقع . ويتم وصل حفرة التفتيش بقاعدة عامود الإنارة بواسطة ماسورة بلاستيك بقطر لا يقل عن ١٠ سم وعمق حوالي ٤٠ سم عن سطح الأرض وتغطى الجدران الأرضية بصبة خرسانية عادية . ويكون للغرفة حافة يركب عليها غطاء من الحديد الزهر لا يقل وزنه عن ٢٥ كغم مع ملاحظة أنه يوجد نوعان من غرف التفتيش : وتغذى الإنارة في النوع الأول عن طريق كابل مقطع ٤ × ١٦ مم ، أما في النوع الثاني فتكون تغذية الإنارة عن طريق كابل مقطع ٤ × ٢٥ مم^{2} أو أكثر ومقاساتها كالتالي :

النوع الأول :	طول الحفرة من الداخل	٥٠ سم
	عرض الحفرة من الداخل	٥٠ سم
	عمق الحفرة	٧٠ سم
	سمك الجدران	١٠ سم
النوع الثاني :	طول الحفرة من الداخل	٧٠ سم
	عرض الحفرة من الداخل	٧٠ سم
	عمق الحفرة	١٠٠ سم
	سمك الجدران	١٠ سم

٤ - توريد أعمدة الإنارة وأعمدة إشارات المرور

المطلوب توريد نوعين من أعمدة الإنارة هنا :

أ - أعمدة صلب مستقيمة ذات ارتفاع ٣,٥ م عن مستوى الأرض وسمك لايقل عن ٤ مم ذات مقطع دائري بقطر ١٢٠ مم وتجهز من الأسفل بصفيحة معدنية لها أربعة ثقوب للتثبيت .

ب - أعمدة صلب مخروطية الشكل ذات ارتفاع ٧ م عن مستوى الأرض وسمك لايقل عن

٤ مم ، ويبلغ قطرها الأسفل ٢٠٠ مم أما قطرها الأعلى فهو ٩٠ مم ولها ذراع ممتد حوالي ٥ م وتجهز من الأسفل بصفيحة معدنية لها أربعة ثقوب للتثبيت .
ويجهز كل عامود بفتحة قياسها ١٠٠×٢٠٠ مم على ارتفاع ٨٠ مم من مستوى الأرض ولها باب بمفتاح محكم الغلق .
وتصنع أعمدة إشارات المرور من الصلب أيضاً ولايقل سمكها عن ٤ مم كما أن لها جهاز تحكم رباعي الأطوار ، ويتم توريد مجموعة إشارات مرور السيارات وتوريد مجموعة إشارات مرور المشاه (يلاحظ أن العقد يتضمن المواصفات بدقة ، أما الاختصار هنا فهو لضيق المساحة) .

٥ - توريد الأرضي

ويكون من النحاس العادي المجدول بمقطع ١٦ مم^{٢} ويمدد بجوار المواسير ويتصل بالأعمدة وفقاً للشروط الفنية الخاصة بالأرضي .

٦ - توريد الكابلات

وتشمل كابلات التغذية الخارجية ، ولها المقاطع التالية :
٤ × ١٠ مم^{٢} ، ٤ × ١٦ مم^{٢} ، ٤ × ٢٥ مم^{٢} ، ٤ × ٣٥ مم^{٢}

٧ - قواعد الإنارة

تصب قواعد الإنارة من الخرسانة العادية . وتكون مقاييس الأعمدة مطابقة لما تحدده الشركات المصنعة لها بحيث تتناسب مع طبيعة التربة المقام عليها هذه الأعمدة . ويجب تثبيت الأعمدة أثناء صب القاعدة بحيث تكون عمودية على مستوى الأرض وتتوافق مع الثقوب الموجودة على صفيحة القاعدة حيث أن ثني مسامير التثبيت غير مسموح به ويجب مراعاة أن الميل المسموح به عند تثبيت الأعمدة لا يتعدى ١٪ .

٨ - توريد أجهزة الإنارة

وتختص بأجهزة الإنارة ذات لمبة بخار صوديوم ضغط عالي ٢٥٠ ، ٤٠٠ وات .

٩ - تركيب الأعمدة

يرقم الجزء السفلي من كل عامود ثم يركب على القواعد الخرسانية ويتم تثبيتها بواسطة المسامير القلاووظ فوق الصفيحة الصلب المثبتة على القاعدة .

١٠ - تركيب الكابلات

تمدد الكابلات بين كل عامودين ، وتسحب الكابلات داخل المواسير بشرط ألا يحدث ذلك تلفاً في أي منها . ويجب أن تكون المواسير نظيفة من الداخل خالية من الرمل والأحجار الصغيرة . ولا يسمح بوجود زوايا حادة في خط سير المواسير كما يسمح باستعمال الأكواع عند الضرورة .

١١ - تركيب الأرضي

تمدد بمحاور المواسير وتتصل بأسلاك أراضي الأعمدة ذات نفس المقطع والنوع بواسطة مرابط نحاسية خاصة وتركب الأوتاد في أرضية بعض حفر التفتيش المحددة مواقعها حوالي ١٩٠ سم تحت مستوى أرضية حفر التفتيش على أن يبقى القسم العلوي من الوتد ضمن الحفرة لربطه مع سلك الأرضي . ويربط سلك الأرضي في الوتد بواسطة مرابط خاصة . كما تجري الاختبارات الخاصة بفاعلية التوصيل الأرضي .

١٢ - توريد لوحات وإشارات المرور

وتشمل أجهزة التحكم بإشارات المرور رباعية الأطوار ومجموعة إشارات كاملة لمرور السيارات مكونة من عدسة ذات قطر ٣٠٠ مم وعدستان ، قطر كل منهما ٢٠٠ مم ، بالإضافة إلى مجموعة إشارات مرور المشاة .

١٣ - توريد مراكز التحويل

وتشمل تجهيزات الجهد المتوسط ، ومحولات قدرة ١٦٠ كيلو فولت أمبير ، كما تشمل أيضاً تجهيزات الجهد المنخفض .

١٤ - تركيب أجهزة الإنارة

يثبت الجهاز المفرد على العامود مباشرة بواسطة طرق تثبيت خاصة موجودة ضمن جسم الجهاز ، ويجب منع الجهاز من الدوران تحت تأثير الرياح أو الاهتزازات . أما في حالة وجود عدة أجهزة للإنارة على نفس العامود فيتم التثبيت على الأذرع الخاصة وفقاً للشروط الفنية .

١٥ - تركيب لوحات وإشارات المرور

تركب اللوحات وإشارات المرور وفقاً لمخططات إدارة المرور . وتوضع أجهزة التحكم داخل خزانة وبجوارها لوحة المراقبة التي ستكون تحت تصرف رجل المرور .

١٦ - تركيب مراكز التحويل

يثبت مركز التحويل على قاعدة أسمنتية منتظمة الشكل ، وتزود بجميع الفتحات والمجاري اللازمة لتمرير الكابلات منها واليها . ويجب توفير المرونة الكافية في التركيب وذلك للاستفادة من تمديدات شركة الكهرباء .

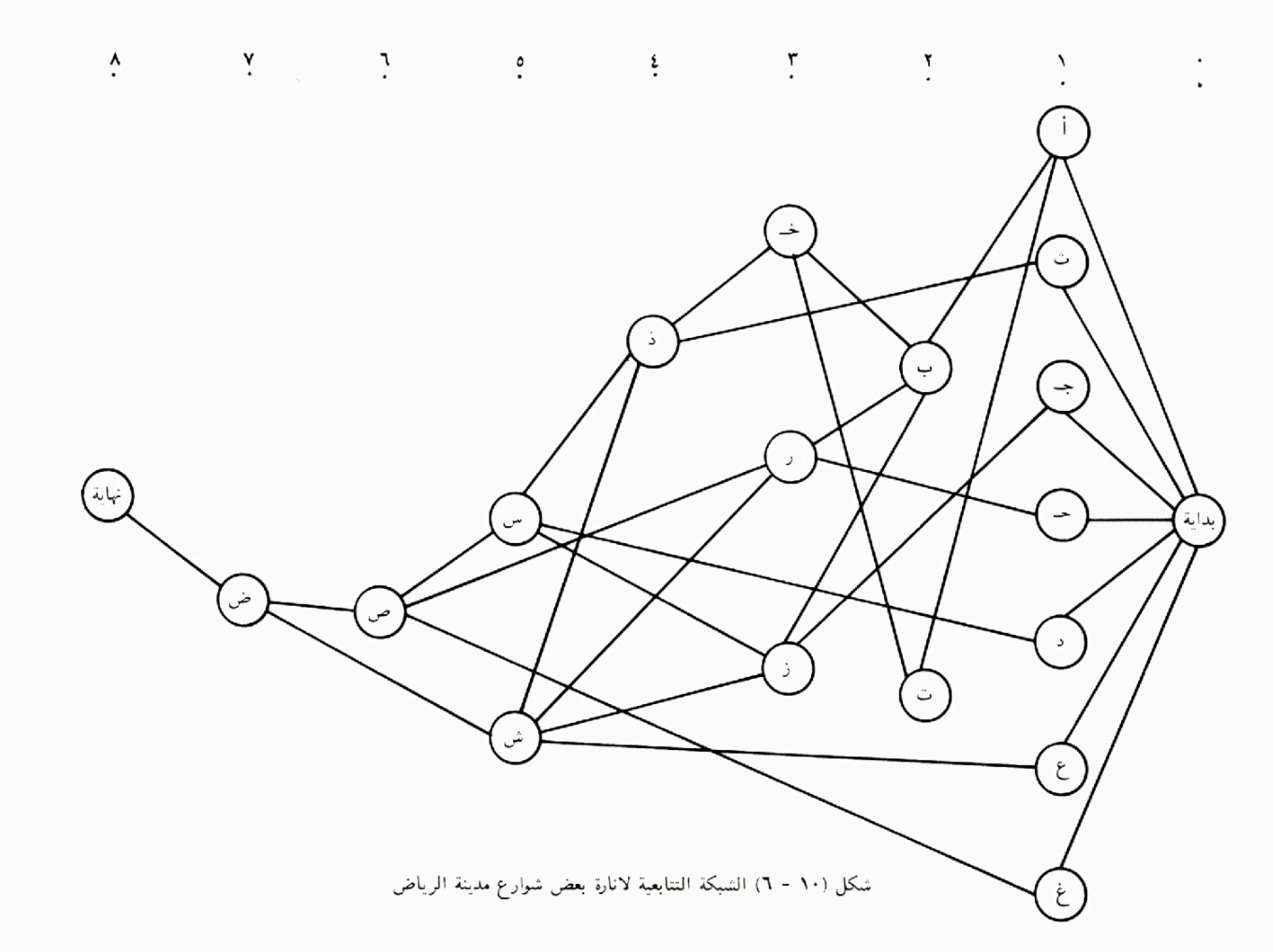
١٧ - التجربة والتشغيل

تتم التجربة بعد الانتهاء من كل أعمال التركيب وعلى المقاول متابعة التشغيل لمدة ثلاثة شهور كما أن عليه أيضاً تدريب الفنيين العاملين على كل الأجهزة مع توريد كافة البيانات الخاصة بالصيانة .

ويبين جدول (١٠ - ٥) قائمة الأنشطة لهذا المشروع ويبين شكل (١٠ - ٦) الشبكة التتابعية لمشروع إنارة بعض شوارع مدينة الرياض .

جدول (١٠ - ٥) قائمة الأنشطة

رقم النشاط	رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (يوم)
١	أ	—	٣٩
٢	ب	أ	١٦٧
٣	ت	أ	١٦٧
٤	ث	—	١٦١
٥	ج	—	١٤٣
٦	ح	—	١٣٨
٧	خ	ب	١٣١
٨	د	—	١٢٨
٩	ذ	خ ، ث	٥٣
١٠	ر	ب ، ح	٢٧
١١	ز	ب ، ج	٥١
١٢	ع	—	١٢٧
١٣	غ	—	١٢٧
١٤	س	د ، ذ ، ر ، ز	٧٧
١٥	ش	ع ، ذ ، ر ، ز	٥١
١٦	ص	غ ، س	٧٧
١٧	ض	ش ، ص	٧٧



شكل (١٠ - ٦) الشبكة التتابعية لانارة بعض شوارع مدينة الرياض

يتميز هذا المشروع بمجموعة من الخصائص التي تؤثر على الجدولة الزمنية لتنفيذه نسرد منها :

١ - الموقع

اتساع المساحة والمسافات التي سيتم عليها تنفيذ المشروع .

٢ - الاعتمادية

يجب النظر لاعتمادية النشاط على أنها اعتمادية فنية فقط ، أما عند التنفيذ فيمكن البدء في أحد الشوارع بنشاط ما يعتمد على نشاط سابق تم الانتهاء منه في هذا الشارع فقط . فعلى سبيل المثال يمكن البدء في عمل قواعد الأعمدة لشارع ما بعد الانتهاء من الحفريات وتمديد المواسير البلاستيك فيه . ويتضح من ذلك أهمية تقسيم العمل إلى عدة مناطق تكوّن كل منها مشروعاً قائماً بذاته .

٣ - الالتزام بمواعيد المقاولين الآخرين عند الجدولة الزمنية للأنشطة

ويفرض علينا ذلك تحديد الأوقات الأخيرة لبعض الأنشطة في مشروع الإنارة ذات العلاقة مع بقية الأنشطة بمشروع المرحلة الرابعة لتحسين وتجميل بعض شوارع مدينة الرياض .

٤ - يتم التوريد عادة على عدة مراحل

ولذا فإنه يمكن البدء في تركيب الأجهزة والمعدات التي تصل أولاً بأول ، إلا إذا كان العقد ينص على عدم البدء في التنفيذ إلا بعد وصول كل المواد والأجهزة والمعدات الخاصة بالمشروع .

٥ - القوى العاملة والمعدات

تعتمد الجدولة على توفر القوى العاملة والمعدات في مواقع العمل المختلفة والرقابة عليها .

وتلعب إدارة المشروع وخاصة أجهزة الرقابة والمتابعة دوراً هاماً في تسلسل وانسيابية العمل وتنفيذه في وقته المحدد . ويتضح مما سبق أن جدولة المشروع تحتاج إلى قرارات تنفيذية هامة لها علاقة بما سبق شرحه . وسنقتصر في هذا المشروع على هذا الحد من الإيضاح خاصة وأن حسابات الشبكة التتابعية ومخطط المستقيات والتوزيع المنتظم للاحتياجات سيتم بنفس الطرق المعتادة .

١٠ - ٤ صيانة أحد الرافعات الميكانيكية

تعتبر الصيانة من أهم العناصر التي تؤثر على التكلفة المباشرة وتزداد أهمية الصيانة المخططة كلما

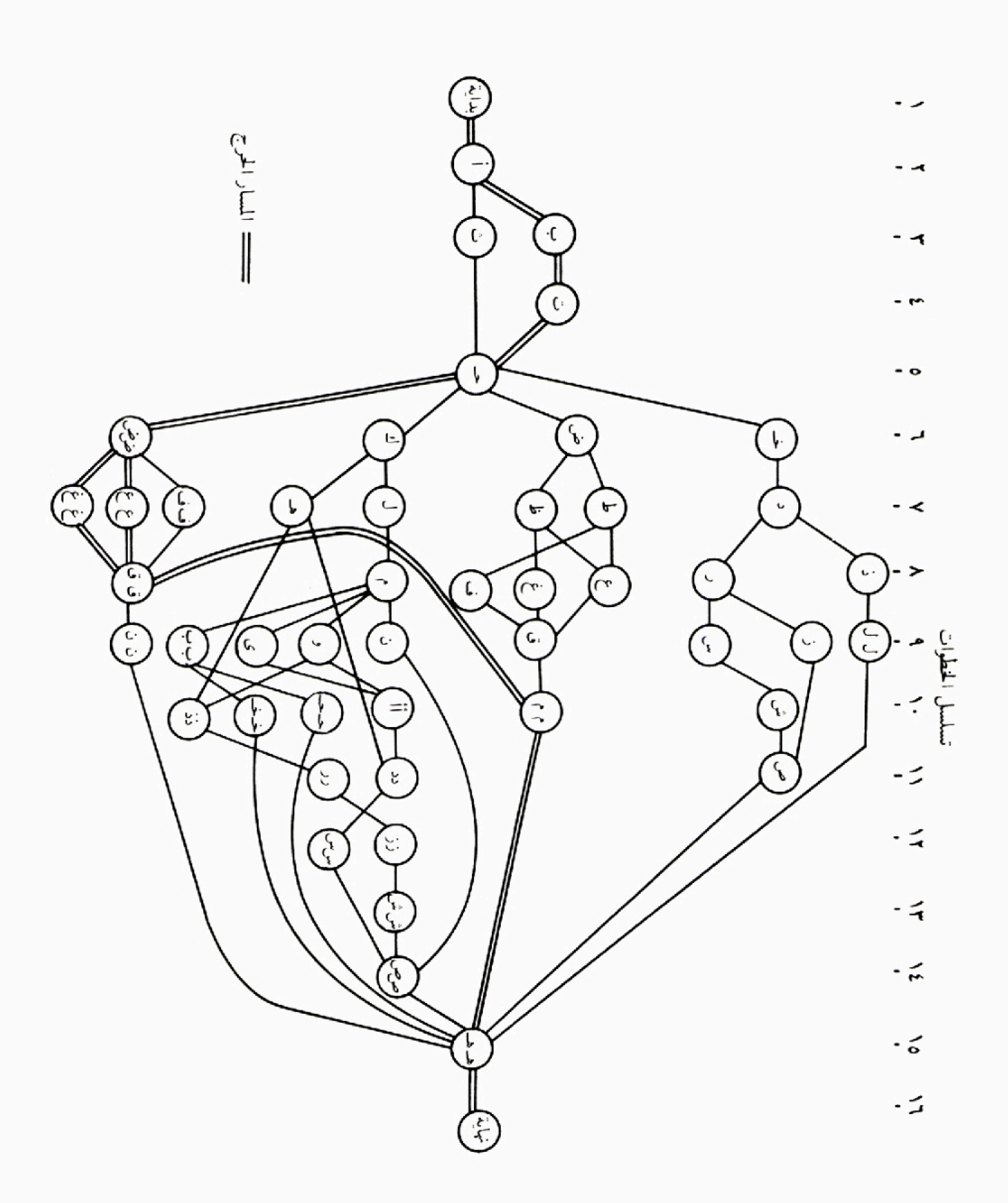
تقادمت المدة . وقد تطورت في الفترة الأخيرة أهمية استخدام طريقة المسار الحرج في الجدولة الزمنية لأعمال الصيانة الكبيرة للمعدات الهامة .

جدول (١٠ - ٦) قائمة أنشطة صيانة الرافعة الميكانيكية

رمز النشاط	وقت النشاط (ساعة)	وصف النشاط	يعتمد على
		التجهيز لإصلاح الرافعة	
أ	٤	فحص مكان العطل في الرافعة	—
ب	٨	التخطيط لإصلاح العطل	أ
ت	٨	احتياطات لضمان نجاح تخطيط وإصلاح الرافعة	ب
ث	١	تجهيز الأدوات والمواد المستخدمة لإصلاح الرافعة	أ
ج	١	تهيئة وضع الرافعة للإصلاح وفصل التيار الكهربائي عن الرافعة .	ت ، ث
		فك وإصلاح موتور الرافعة	
خ	١	فك جميع التوصيلات والكراسي التي بين دارة الفرامل والموتور .	ج
د	٢	إخراج العجلة بعد إزالة صندوق التروس	خ
ذ	١٦	خراطة العجلات على المخرطة	د
ر	١	فتح أجهزة الأمان	د
ز	١	إصلاح الأجزاء السابقة	ر
س	٣	تصفية الزيت وفتح الغطاء وتنظيفه وغلقه	ر
ش	٣	تنظيف الفرامل والمسامير والذراع	س
ص	٢	تثبيت سدادة زيت على محور الموتور كي تمنع تسرب الزيت .	ز ، ش
		فك وإصلاح عامود الحركة	
ض	١	فك جميع التوصيلات الكهربائية المتصلة بالموتور	ج
ط	١	فك غطاء الموتور وفك المروحة والريش	ض
ظ	١	فك النافخ الهوائي للموتور (الخاص بالتبريد)	ض
ع	١	تركيب شفرات جديدة للمروحة وتنظيف المروحة	ط ، ظ
غ	٢	تنظيف بقية الموتور	ظ
ف	٤	خرط حلقات الإنزلاق للموتور	ط
ق	٢	تركيب حلقات الإنزلاق وريش المروحة والغطاء	ع ، غ ، ف
		فك وإصلاح البكرة والخطاف	
ك	٣	الإعداد لأعمال الفك	ج
ل	١	رفع الغطاء السفلي والعلوي	ك

جدول (١٠ - ٦) قائمة أنشطة صيانة الرافعة الميكانيكية (تابع)

رمز النشاط	وقت النشاط (ساعة)	وصف النشاط	يعتمد على
م	٩	فك جميع الوصلات بين دارة الفرامل والموتور والتأكد من صلاحية الموتور.	ل
ن	١٠	إدارة عجلة الفرامل	م
هـ	١٠	فك مسمار البكرة وإصلاحها	ك
و	١١	تنظيف التروس والكراسي والحبل ثم التزييت والقفل	م
ي	١	تصريف الزيت للخارج	م
أ أ	٣	التشحيم والتجميع بعد تصريف الزيت	و ، ي
ب ب	٣	فتح جميع الوصلات بين دارة الفرامل والموتور	م
ج ج	٨	الخدمات الكهربائية	ب ب
خ خ	٤	الخدمات الميكانيكية والتركيب	ب ب
د د	٤	تركيب حبل جديد وإغلاق الغطاء والتشحيم	هـ ، أ أ
ذ ذ	٤	تنظيف البكرة وملء صندوق التروس بالزيت	هـ ، و
ر ر	٤	فتح الغطاء ومنفاخ الهواء	ذ ذ
ز ز	٤	تنظيف الوصلات	ر ر
س س	٣	وضع أزرار ضغط جديدة	د د
ش ش	١	نفخ الهواء وإغلاق الغطاء	ز ز
ص ص	٨	إعداد كراسي الموتور وتوصيله للإختبار	ن،س س،ش ش
		إصلاحات متنوعة	
ض ض	٢٨	حصر الإصلاحات الأخرى والقيام بإصلاحات صغيرة ومتعددة	ج
ع ع	٤	تنظيف العوازل والحبل	ض ض
غ غ	٤	إزالة الأكسدة من على الأسلاك وتنظيفها وتجفيفها	ض ض
ف ف	١	وضع مصابيح إضاءة بجانب عامود الحركة	ض ض
ق ق	٦	التأكد من سلامة اللحام والمسامير المثبتة على عامود الحركة	غ
		التركيب والإختبار	ف ف،ع ع،غ غ
ل ل	٢	إعادة تثبيت العجلات	ذ
م م	٨	إعادة تركيب عامود الحركة ووضع أجهزة الأمان	ق،ق ق
ن ن	٦	التأكد من توقيت موتور عامود الحركة	ق ق
هـ هـ	٣	التجربة	ص ص،ل ل، م م،ن ن،ص، ج ج،خ خ



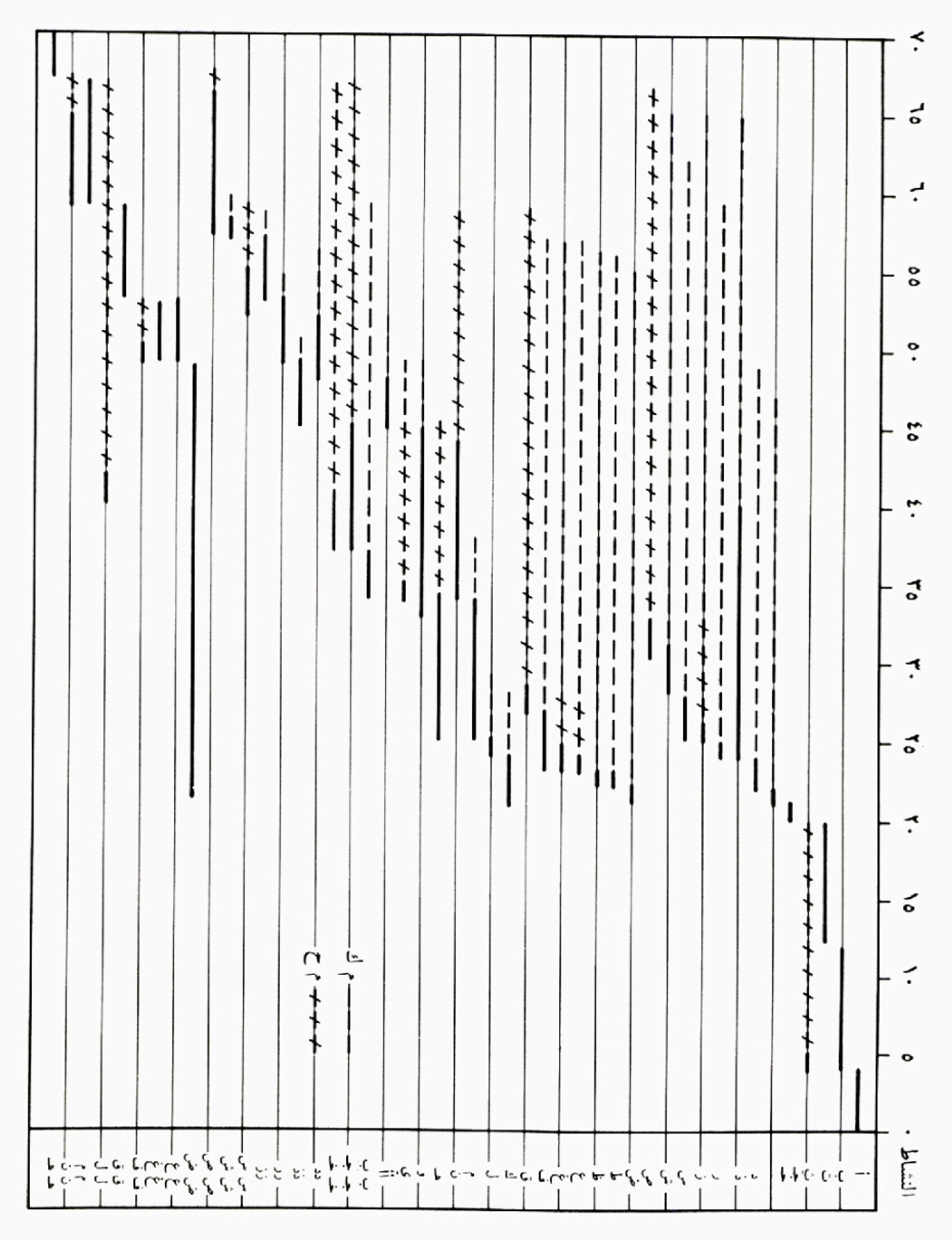
شكل (١٠ - ٧) الشبكة التتابعية لمشروع صيانة الرافعة الميكانيكية

والمثال التالي خاص بأحد مصانع تجميع الناقلات التي تمتلك رافعات ميكانيكية . وقد وضعت الشركة برنامج صيانة وقائية لإصلاح تلك الروافع كل أربعة شهور . وتنقسم الأعمال الرئيسية لإصلاح الرافعة على التالي :

١ - التجهيز لإصلاح الرافعة
٢ - فك وإصلاح موتور الرافعة
٣ - فك وإصلاح أجزاء عامود الحركة
٤ - فك وإصلاح البكرة والخطاف
٥ - إصلاحات أخرى متنوعة
٦ - تركيب الأجزاء واختبارها

يبين جدول (١٠ - ٦) قائمة الأنشطة لهذا المشروع وقد تم تقسيم الأعمال الرئيسية للأنشطة وكذلك تم إعداد وصف لكل نشاط . ويوضح شكل (١٠ - ٧) الشبكة التتابعية للمشروع . وعلى القارىء محاولة رسم الشبكة السهمية له وسيجد أنها صعبة للغاية ويؤكد ذلك ما سبق شرحه بأهمية رسم الشبكة التتابعية كأداة من أدوات التمثيل البياني للمشروعات .
تستخدم طريقة المسار الحرج في الجدولة الزمنية لصيانة المعدات الثقيلة مثل معدات الطرق ، معدات النقل (السفن ـ قاطرات السكك الحديدية) . ويقوم مهندس الصيانة بإعداد قائمة الأنشطة والتي تكون ثابتة. ويعتبر تحديد وقت النشاط لأعمال الصيانة من أهم المشاكل التي تواجه المخطط ، حيث أنها تكون متغيرة من معدة لأخرى من نفس النوع والمواصفات نظراً لاختلاف ظروف التشغيل .
ويبين جدول (١٠ - ٧) حسابات الشبكة السهمية لصيانة الرافعة . كما يبين شكل (١٠ - ٨) مخطط المستقيمات . وقد عدل هذا المخطط وفقاً للأسس التالية كما هو موضح على شكل (١٠ - ٩) :

- عدد ساعات العمل اليومية ثمانية .
- يستكمل النشاط المتبقي على انتهائه ساعتين فأقل في نفس اليوم ، ويحسب ذلك خارج دوام للعمال ، نظراً لأن تأخيره لليوم التالي سيحتاج عادة إلى وقت أطول مما هو محدد له .
- يؤجل النشاط المتبقي على انتهائه ٧٥٪ من وقته الكلي لليوم التالي ، نظراً لانخفاض إنتاجية العمال في حالة بدئهم العمل متأخراً .
- أيام العمل الأسبوعية هي ستة أيام .
- يمكن اتخاذ أية قرارات أخرى مناسبة تؤدي إلى عدم تأخير مدة الصيانة ، بحيث لا تتعارض مع الأسس السابق ذكرها .



شكل (١٠ - ٨) مخطط المستقيمات

شكل (١٠ - ٩) مخطط المستقيات بالأيام والساعات

	السبت ٢١٨٧٦٥٤٣٢١	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	السبت	الاحد	الاثنين ٣٢١٨٧٦٥٤٣٢١

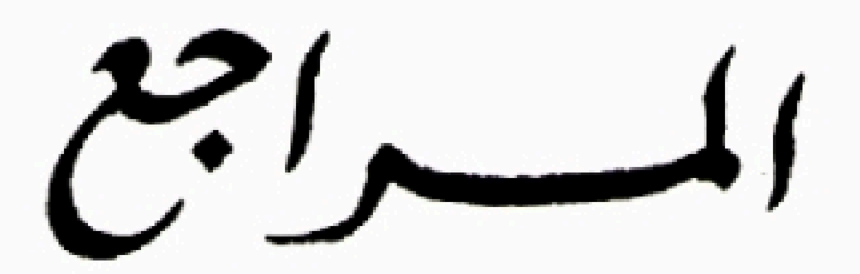
جدول (١٠ - ٧)

حسابات الشبكة السهمية لصيانة الرافعة

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (ساعة)	و ل ب	و ل ن	و ر ب	و ر ن	م ك	م ح	ملاحظات
أ	—	٤	٠	٤	٠	٤			نشاط حرج
ب	أ	٨	٤	١٢	٤	١٢			نشاط حرج
ت	ب	٨	١٢	٢٠	١٢	٢٠			نشاط حرج
ث	أ	١	٤	٥	١٩	٢٠	١٥	١٥	
ج	ت، ث	١	٢٠	٢١	٢٠	٢١			نشاط حرج
خ	ج	١	٢١	٢٢	٤٦	٤٧	٢٥	٠	
د	خ	٢	٢٢	٢٤	٤٧	٤٩	٢٥	٠	
ذ	د	١٦	٢٤	٤٠	٤٩	٦٥	٥	٠	
ر	د	١	٢٤	٢٥	٥٨	٥٩	٣٤	٠	
ز	ر	١	٢٥	٢٦	٦٤	٦٥	٣٩	٥	
س	ر	٣	٢٥	٢٨	٥٩	٦٢	٣٤	٠	
ش	س	٣	٢٨	٣١	٦٢	٦٥	٣٤	٠	
ص	ز، ش	٢	٣١	٣٣	٦٥	٦٧	٣٤	٣٤	
ض	ج	١	٢١	٢٢	٥٤	٥٥	٣٣	٠	
ط	ض	١	٢٢	٢٣	٥٥	٥٦	٣٣	٠	
ظ	ض	١	٢٢	٢٣	٥٥	٥٦	٣٣	٠	
ع	ط، ظ	١	٢٣	٢٤	٥٦	٥٧	٣٣	٣	
غ	ظ	٢	٢٣	٢٥	٥٥	٥٧	٣٢	٢	
ف	ط	٤	٢٣	٢٧	٥٣	٥٧	٣٠	٠	
ق	ع، غ، ف	٢	٢٧	٢٩	٥٧	٥٩	٣٠	٣٠	
ك	ج	٣	٢١	٢٤	٢٥	٢٨	٤	٠	
ل	ك	١	٢٤	٢٥	٢٨	٢٩	٤	٠	
م	ل	٩	٢٥	٣٤	٢٩	٣٨	٤	٠	
ن	م	١٠	٣٤	٤٤	٤٩	٥٩	١٥	١٤	
هـ	ك	١٠	٢٤	٣٤	٣٦	٤٦	١٢	١١	
و	م	١١	٣٤	٤٥	٣٨	٤٩	٤	٠	
ي	م	١	٣٤	٣٥	٤٨	٤٩	١٤	١٠	
أ أ	و، ي	٣	٤٥	٤٨	٤٩	٥٢	٤	٠	
ب ب	م	٣	٣٤	٣٧	٥٥	٥٩	٢٢	٠	
ج ج	ب ب	٨	٣٧	٤٥	٥٩	٦٧	٢٢	٢٢	

جدول (١٠ - ٧)
حسابات الشبكة السهمية لصيانة الرافعة (تابع)

رمز النشاط	يعتمد على	وقت النشاط (ساعة)	و ل ب	و ل ب	و ر ب	و ر ن	م ك	م ح	ملاحظات
خ خ	ب ب	٤	٣٧	٤١	٦٣	٦٧	٢٦	٢٦	
د د	هـ ، أ أ	٤	٤٨	٥٢	٥٢	٥٦	٤	٠	
ذ ذ	هـ ، و	٤	٤٥	٤٩	٤٦	٥٠	١	٠	
ر ر	ذ ذ	٤	٤٩	٥٣	٥٠	٥٤	١	٠	
ز ز	ر ر	٤	٥٣	٥٧	٥٤	٥٨	١	٠	
س س	د د	٣	٥٢	٥٥	٥٦	٥٩	٤	٣	
ش ش	ز ز	١	٥٧	٥٨	٥٨	٥٩	١	٠	
ص ص	ن،س س، ش ش	٨	٥٨	٦٦	٥٩	٦٧	١	١	
ض ض	ج	٢٨	٢١	٤٩	٢١	٤٩			نشاط حرج
ع ع	ض ض	٤	٤٩	٥٣	٤٩	٥٣			نشاط حرج
غ غ	ض ض	٤	٤٩	٥٣	٤٩	٥٣			نشاط حرج
ف ف	ض ض	١	٤٩	٥٠	٥٢	٥٣	٣	٣	
ق ق	ف ف، ع ع،غ غ	٦	٥٣	٥٩	٥٣	٥٩			نشاط حرج
ل ل	ذ	٢	٤٠	٤٢	٦٥	٦٧	٢٥	٢٥	
م م	ق ، ق ق	٨	٥٩	٦٧	٥٩	٦٧			نشاط حرج
ن ن	ق ق	٦	٥٩	٦٥	٦١	٦٧	٢	٢	
هـ هـ	ص ص، ل ل، م م،ن ن، ص،خ خ، ج ج	٣	٦٧	٧٠	٦٧	٧٠			نشاط حرج



1. Abbett, R. W., *Engineering Contracts and Specifications*, 4th Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1963.

2. American Institute of Chemical Engineers, "Engineering Construction Contracting", San Diego Proceedings, Oct. 11–12, 1976.

3. Antill, J. M. and Woodhead, R. W., *Critical Path Methods in Construction Practice,* 2nd Edition, John Wiley, New York, 1970.

4. Atiyah, P. S., *The Law of Contract,* 2nd Edition, Oxford University Press, 1966.

5. Bennette, F. L., *Critical Path Precedence Networks: A Handbook on Activity-on-Node Networking for the Construction Industry,* Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1977.

6. Benson, Ben, *Critical Path Methods in Building Construction,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1970.

7. Bonney, J. B. and Frein, J. P., *Handbook of Construction Management and Organization,* Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1973.

8. Brandon, D. H. and Princeton, M. G., *Project Control Standards*, Brandon/Systems Press, 1970.

9. Burman, P. J., *Precedence Networks for Project Planning and Control,* McGraw-Hill, London, New York, 1972.

10. Clark, C. E., "The PERT Model for the Distribution of an Activity Time", *Operations Research,* Vol. 10, No. 3, May–June 1962, pp. 405–406.

11. Clough, R. H., *Construction Contracting,* Second Edition, John Wiley and Sons, Wiley-Interscience, New York, 1969.

12. Clough, R. H. and Sears, G. A., *Construction Project Management,* 2nd Edition, Wiley, New York, 1979.

13. Davis, E. W., ed., *Project Management: Techniques, Applications and Managerial Issues,* American Institute of Industrial Engineers, 1976.

14. El-Maghraby, S. E., *Activity Networks: Project Planning and Control by Networks Models,* John Wiley and Sons, New York, 1977.

15. Fondahl, J. W., "A Non-computer Approach to the Critical Path Method for the Construction Industry", Technical Report No. 9, The Construction Institute, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, California, Second Edition, 1962.

16. Fondahl, J. W., "Methods for Extending the Range on Non-computer Critical Path Applications", Technical Report No. 47, The Construction Institute, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, California, Second Edition, 1965.

17. Goodman, L. J. and Love, R. N., ed., *Geothermal Energy Projects: Planning and Management,* Pergamon Press, New York, 1980.

18. Hajek, V. G., *Management of Engineering Projects,* 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1977.

19. Harris, R. B., *Precedence and Arrow Networking Techniques for Construction,* John Wiley and Sons, New York, 1978.

20. Kaufmann, A., and Desbazeille, G., *The Critical Path Method; Application of the PERT Method and its Variants to Production Study Program,* Gordon and Breach, New York, 1969.

21. Kharbanda, O. P., Stallworthy, E. A. and Williams, L. F., *Project Cost Control in Action,* Gower Pub., Farnborough, Eng., 1980.

22. Lockyer, K. G., *An Introduction to Critical Path Analysis,* 3rd Edition, Pitman, London, 1969.

23. Lockyer, K. G., *Critical Path Analysis, Problems and Solutions,* Pitman, London, 1966.

24. Lowe, C. W., *Project Control by Critical Path Analysis: A Basic Guide to CPA by Bar Chart,* Business Books, London, 1979.

25. MacCrimmon, K. R., and Ryavec, C. A., "An Analytical Study of the PERT Assumptions", *Operations Research,* Vol. 12, No. 1, Jan.–Feb. 1964, pp. 13–37.

26. Moder, J. J. and Phillips, C. R., *Project Management with CPM and PERT,* Reinhold, New York, 1964.

27. Peart, A. T., *Design of Project Management: Systems and Records,* Gower Press, London, 1971.

28. Peurifoy, R. L., *Construction Planning, Equipment, and Methods,* 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, 1979.

29. Reynaud, C. B., *The Critical Path – Network Analysis and Resource Scheduling,* Second Impression, George Godwin Limited, London, 1970.

30. Robertson, D. C., *Project Planning and Control; Simplified Critical Path Analysis,* Heywood, London, 1967.

31. Samares, T. T. and Yensuang, K., *Computerized Project Management Techniques for Manufacturing and Construction Industries,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1979.

32. Shaffer, L. R., Ritter, J. B. and Meyer, W. L., *The Critical Path Method,* McGraw-Hill, New York, 1965.

33. Silverman, M., *Project Management: A Short Course for Professionals,* Wiley, New York, 1976.

34. Turner, G. J. and Elliott, K. R., *Project Planning and Control in the Construction Industry,* Cassell, London, 1964.

35. Wearne, S. H., ed., *Control of Engineering Projects,* Edward Arnold, London, 1974.

36. Wiest, J. D. and Levy, F. K., *A Management Guide to PERT/CPM: With GERT/PDM/DCPM and other Networks,* 2nd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1977.

37. Woodward, J. F., *Quantitative Methods in Construction Management and Design,* Macmillan, London, 1975.

٣٨- ابراهيم سعد الدين ، **السياسات الإدارية للمشروعات في ضوء التطور الاقتصادي - الاجتماعي** ، دار الجامعات المصرية .

٣٩- **تقويم ومتابعة البرامج الزمنية للمشروعات** ، من إعداد مؤسسة الكهرباء الاتحادية ، الهيئة المصرية للتأليف والنشر ، ١٩٧٠ م .

٤٠- حامد شافعي ، زكي حواس ، **تكاليف المقاولات** ، عالم الكتب ، ١٩٧١ م .

٤١- **دليل استخدام الاستشاريين في الدول النامية** ، مركز التنمية الصناعية ، ١٩٦٩ م .
٤٢- محمد زكي حواس ، **الكميات والمواصفات ـ التقويم الأساسي للقياس والمحاسبات** ، الطبعة الأولى ، عالم الكتب ، ١٩٦٨ م .
٤٣- محمد عبد الحميد جودة ، **العقود والمواصفات للمنشآت الهندسية** ، الطبعة الثالثة ، منشأة المعارف بالاسكندرية ، ١٩٧٨ م .
٤٤- محمود الشكرجي ، **الهندسة الإدارية** ، الطبعة الأولى ، منشورات عويدات ، بيروت ـ لبنان ، ١٩٦٥ م .

معجم المصطلحات

A

Activity	نشاط
Activity List	قائمة الأنشطة
Arrow	سهم
Arrow Network	شبكة سهمية
Assignment of a Contract	التنازل عن العقد

B

Bar Chart	مخطط المستقيمات
Bid	عطـاء
Bid Bond	ضمان ابتدائي
Bid Form	صيغة العطاء

C

Code of Ethics	دستور أخلاق المهنة
Competitive Contracts	عقود التنافس
Conceptual Design	التصميم المبدئي
Construction Document	وثائق التنفيذ
Construction Industry	صناعة التشييد
Consultant	استشاري
Contingency	احتياطي
Contractor	مقـاول
Contractor Classification	تصنيف المقاولين
Control	رقابة
Crash	عاجـل
Critical	حـــرج
Critical Path	مسار حرج

D

Date	وقت
Deadline	وقت محدد
Dependency	الاعتمادية
Design Development	تطوير فكرة التصميم
Design Document	مستندات التصميم
Deterministic	محـــدد
Down Payment	دفعة مقدمة
Dummy	لا وقتي
Dummy Activity	نشاط لا وقتي

E

Early	أول
Early Start Date	الوقت الأول للبدء
Early Finish Date	الوقت الأول للانتهاء
Evaluation	تقويـم
Event	حـــدث
Event Early Date	الوقت الأول للحدث
Event Latest Date	الوقت الأخير للحدث
Evidence	دليل/بينـــة

F

Feedback	تغذية عكسية
Finish	انتهاء
Finish Date	تاريخ الانتهاء
Float	مرونة وقتية
Free Float	مرونة وقتية حرة
Total Float	مرونة وقتية كلية
Independent Float	مرونة وقتية غير اعتمادية
Interfering Float	مرونة وقتية متداخلة
Force Majeure	قوة قاهرة

H

Heuristic Procedure	طريقة البديهة

J

Joint Venture	شركة محاصـة

K

Mark Up	مبلغ إضافي (لتغطية الأرباح والاحتياطي)

L

Latest	أخيـر
Latest Start Date	الوقت الأخير للبدء
Latest Finish Date	الوقت الأخير للانتهاء
Latent Defect Guarantee	ضمان العيوب الخفية
Link Lag	ضلع التأخير

M

Monitoring	استقراء
Most Probable Time	الوقت الأكثر احتمالاً

N

Negotiated Contracts	عقود التفاوض
Network Limit	حدود الشبكة
Normal	طبيعـــي

O

Optimistic Time	الوقت المتفائل للتنفيذ

P

Performance Bond	ضمان حسن التنفيذ
Pessimistic Time	الوقت المتشائم للتنفيذ
Precedence	تتابعي
Precedence Network	الشبكة التتابعية

Preconcept	الفكرة الأولية
Prequalification Forms	نماذج التأهيل
Probabilistic	احتمـالـي
Professional Engineer	مهندس محترف
Punch List	قائمة الأعمال الناقصة والمعيبة

R

Resources	الاحتيـاجـات
Resource Levelling	التوزيع المنتظم للاحتياجات

S

Schedule of Unit Rates	جدول وحدات الأسعار
Scheduling	جدولة زمنية
Sequence	تسلســل
Sequence Steps	تسلسل الخطوات
Subcontractor	مقاول من الباطن

T

Tabular	جدولي
Target	هـدف
Target Activity	النشاط الهدف
Target Schedule	الجدول الهدف
Time Scaled Diagrams	شبكة زمنية

U

Updating	تحـديث

المفردات الهامة

أ

ج

ح

خ

د

ر

ش

ص

ط

ع

غ

و